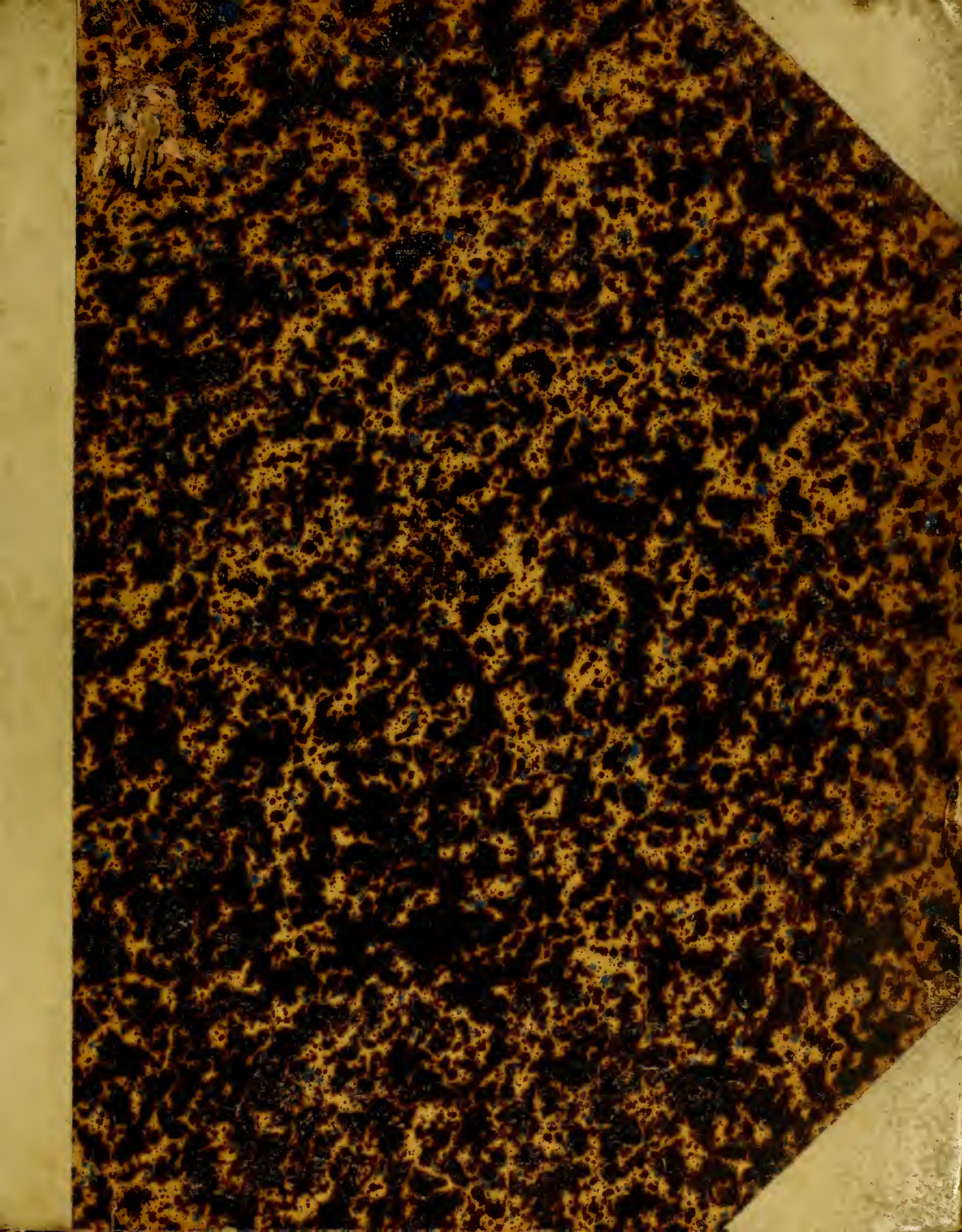
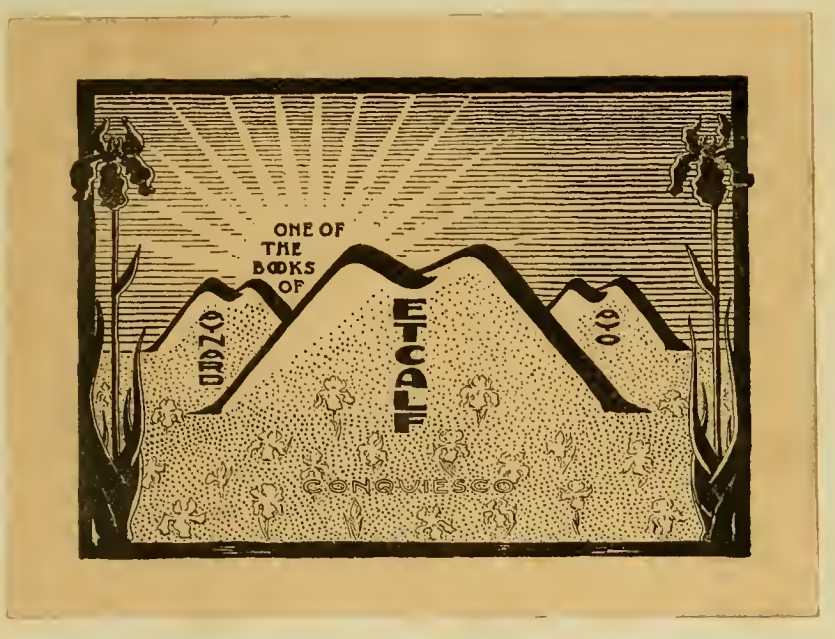


£1,3.



MAYNARD M. METCALF,

STUDIEN

ÜBER DIE

ERSTEN ENTWICKLUNGSVORGÄNGE

DER

EIZELLE,

DIE

ZELLTHEILUNG

UND DIE

CONJUGATION DER INFUSORIEN

VON

O. BÜTSCHLI.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

Mit 15 lithographirten Tafeln und mehreren Holzschnitten.

»Grau, theurer Freund, ist alle Theorie.«

(Abdruck aus den Abhandlungen d. Senckenb. naturf. Gesellsch. X. Bd.)

Frankfurt a. M.
Christian Winter.
1876.

MAYNARD M. METCALF,

Dem Andenken des um die Wissenschaft so hochverdienten

ANTON VAN LEEUWENHOEK

widmet diese Schrift, im 200. Jahre nach seiner denkwürdigen Entdeckung der Infusorien,

der

VERFASSER.

MAYNARD M. METCALF,

Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien

von

O. Bütschli.

Mit 15 Tafeln.

Vorwort.

Der grossartige Aufschwung, welchen die Wissenschaften von der Organismenwelt seit der Darwin'schen Begründung der Entwicklungstheorie genommen haben, fand seine Basis vorwiegend in der strengeren Betonung der Morphologie, die allmälig von ihrer früheren, breiteren Auffassung, als eines Versuchs des Verständnisses der Gestalten organischer Körper überhaupt, zu der Wissenschaft von der Herleitung der mannigfaltigen Gestalten organischer Körper aus einander und ihren Beziehungen unter einander wurde. Diese schärfere Fassung der Morphologie konnte nur von fruchtbarem Einfluss auf die Entwicklung der Wissenschaft überhaupt sein. Dennoch begreift dieselbe nur eine Seite des gesammten Wesens organischer Gestalten, da diese auch, jede einzeln für sich, aus den gegebenen Grundlagen und Bedingungen ihres Hervorgehens sich erklären lassen müssen. Nur diese Auffassung der Morphologie der organischen Wesen, jetzt noch ein nebelhafter Traum der fernsten Zukunft, würde das leisten können, was sich die heutige Morphologie, meiner Ansicht nach, mit Unrecht zuschreibt: nämlich die causal-mechanische Erklärung der organischen Gestalten. Denn wenn auch gezeigt worden ist, dass eine organische Form sich aus einer anderen herleitet und wenn selbst, was heute kaum in einem Falle möglich gewesen ist, die Bedingungen des Eintretens dieser Umwandlung dargelegt worden wären, so würde dennoch nur das Material gegeben sein, an welchem eine causal-mechanische Erklärung sich künftig zu versuchen hätte; gerade wie Jemand, der, ohne Kenntniss der Einrichtung und der wirksamen Kräfte in einer abgefeuerten Kanone, durch vielfache Beobachtung zu der sicheren Ueberzeugung gelangt wäre, dass die Thätigkeit des Kanoniers die Ursache des Hervorschiessens des Geschosses sei, nun auch damit eine causal-mechanische Erklärung der wirklichen Entstehung der Geschossbewegung gefunden zu haben glaubte.

Die nothwendige Grundlage der heutigen Morphologie war jedoch die Zellenlehre, deren Ausarbeitung und Bestätigung innerhalb der grossen Reihe der thierischen Organismen die wesentliche Frucht der sogen. empirischen und unphilosophischen Periode unserer Wissenschaft in dem 19. Jahrhundert war. Die heutige Morphologie baut auf der bedeutsamen und für sie ausreichenden Grundlage des Hervorgehens aller complicirteren thierischen Gestalten aus Zellen und der Ableitung aller Zellen von Zellen. Dabei ist es für sie nur von untergeordneter Bedeutung, wie sich das Leben in der Zelle selbst gestalte, die Thatsache des Hervorgehens der Zelle aus der Zelle genügt ihr für die weitreichendsten Schlüsse.

Anders dagegen, wenn wir in das Verständniss des Elementarorganismus, des Bausteins der Morphologie in dem Sinne, welchen wir ihr oben gaben und der meiner Ansicht nach der jetzt gewöhnliche ist, also auch in das Verständniss der Gestalten der Elementarorganismen eindringen wollen. Hier hat die Art der morphologischen Betrachtung zelliger Organismen ihre Berechtigung verloren und dafür tritt die physiologische Auffassungsweise in den Vordergrund. Nur durch die Erkenntniss der physikalisch-chemischen Bedingungen ihres Entstehens und Vergehens werden sich die Erscheinungen an und in dem Elementarorganismus zuerst begrifflich fester gestalten. Der Verfasser gibt sich der Hoffnung hin, dass durch die in dieser Abhandlung zu schildernden Beobachtungen unsere Kenntnisse von dem thatsächlichen Verhalten des Elementarorganismus während wichtiger Epochen seines Lebens einen Schritt vorwärts gethan haben und wir dadurch dem oben gesteckten Ziel, wenn auch nur um Weniges, näher gerückt sind.

Meine Beobachtungen führten mich in mancher Hinsicht zu Vorstellungen über die Bedeutung gewisser Vorgänge und Erscheinungen, welche von denen der früheren Forscher sehr abweichen. Eine eingehende Kritik der früheren Beobachtungen wurde daher zur Nothwendigkeit. Sollte es mir, wie ja nur zu wahrscheinlich, nicht gelungen sein, in allen Stücken den Arbeiten meiner Vorgänger gerecht zu werden, so bitte ich dafür, im Bewusstsein aufrichtigen Strebens um freundliche Nachsicht.

Frankfurt a. M., November 1875.

O. Bütschli.

I. Capitel. Beobachtungen über die ersten Entwicklungsvorgänge an befruchteten Eiern von Würmern und Schnecken.

Die hier zu beschreibenden Beobachtungen habe ich im Sommer des Jahres 1874 mit Untersuchung der Eier verschiedener freilebender Nematoden begonnen. Anfänglich noch durch mannigfache falsche Auffassungen und Voraussetzungen, wie auch durch den Einfluss der zur Untersuchung gewählten Objecte, irre geführt, schritten dieselben dennoch allmälig und in gewissem Grade stetig vorwärts, so dass ich bei dem zuletzt beobachteten Object wohl auch die vollkommenste Einsicht in die sich abspielenden Vorgänge erlangt haben mag. Ich gehe daher bei der Beschreibung meiner Beobachtungen den umgekehrten Weg, indem ich mit der Schilderung der ersten Entwicklungsstadien der Eier von *Nephelis vulgaris* den Anfang mache.

A. Die Vorgänge bei *Nephelis vulgaris Moqu.-Tand.*

Taf. I. u. II.

Die Eier von *Nephelis* sind Objecte, welche in geeigneter Zeit leicht zu erhalten und zu studiren sind. Sie haben daher die Aufmerksamkeit der Forscher schon oft in Anspruch genommen, ohne dass jedoch hiedurch bis jetzt eine befriedigende Einsicht in die ersten Entwicklungsvorgänge erzielt worden wäre.

Die jüngsten Cocons von *Nephelis*, über deren Bildung wir von Robin (19) werthvolle Mittheilungen erhalten haben, besitzen eine sehr weiche und noch nicht gelb gefärbte, sondern weisslich durchscheinende Hülle. Sie lassen sich daher leicht erkennen und zur Untersuchung auswählen.

Die jüngsten Eier, die ich zu Gesicht bekam, zeigten einen von der zarten Dotterhaut ziemlich zurückgezogenen Dotter, in dessen Umgebung sich zahlreiche Spermatozoen in der Eiflüssigkeit schwimmend fanden. Der Dotter hat zu dieser Zeit keine völlig sphärische Gestalt, wie dies schon von Robin (l. c.) ausführlich erläutert wird, sondern ist in einem Durchmesser deprimirt. Die Dottermasse zeigt nach Behandlung mit 1% Essigsäure eine eigenthümlich alveoläre Structur. In dem Maschennetz der Alveolen finden sich zahlreiche, das Licht stärker brechende, feine Körnchen und auf der Oberfläche des Dotters eine ziemlich ansehnliche und stark lichtbrechende (dichte) Hautschicht.

In der Nähe eines der abgeplatteten Pole des Dotters bemerkte ich in diesem Stadium mehrmals ein, der Oberfläche des Dotters aufsitzendes, helles, protoplasmatisches Hügelchen (Fig. 1. Taf. I). Nach meinem Dafürhalten kann dasselbe nichts weiter sein, als ein mit dem Dotter zur Vereinigung gelangtes Spermatozoon, welches in Folge dieser Vereinigung den Umwandlungsprocess zu dem geschilderten Hügelchen erlitten hat und hierbei vielleicht auch durch Quellung etwas vergrössert wurde.

In einiger Entfernung von dem geschilderten hellen Hügelchen bemerkt man innerhalb des Dotters, excentrisch liegend und dem abgeplatteten Pol genähert, einen spindelförmig gestalteten Körper von eigenthümlicher Beschaffenheit. Derselbe wird von einer Anzahl feiner, seine Länge durchziehender Fasern gebildet, die in der Aequatorialzone des Körpers zu einem dickeren, glänzenden, etwas körnelig erscheinenden Abschnitt angeschwollen sind. Mit seiner Längsaxe ist dieser Körper stets nahezu in die Axe des abgeplatteten Dotters gerichtet.

Um die Enden des Körpers bemerkt man je einen hellen, durch seine homogene Beschaffenheit von der übrigen Dottermasse sich abzeichnenden Hof, von welchem aus sich nach allen Richtungen hin die Dotterkörnchen in radiärer Anordnung durch den Dotter erstrecken; so dass also um jedes Ende des spindelförmigen Körpers sich ein derartiges Strahlensystem oder eine Sonne findet. Die obenerwähnten hellen Höfe um die Enden des spindelförmigen Körpers besitzen gegen den körnigen Dotter hin keine bestimmte Grenze, sie gehen vielmehr allmälig in die Strahlensysteme und den eigentlichen, körnigen Dotter über.

Dieser spindelförmige Körper nun ist der metamorphosirte Eikern, das Keimbläschen, wofür ich den näheren Nachweis jedoch erst später beibringen kann und den Leser bitten muss, mir bis dahin Glauben zu schenken.

Etwas spätere Stadien zeigen nun, dass die um das eine Ende des spindelförmigen Körpers befindliche Dotterstrahlung bis in die Oberfläche des Dotters gerückt ist und der spindelförmig metamorphosirte Kern sich durch diese Strahlung aus der Oberfläche des Dotters hervorzuschieben beginnt (Fig. 2). Dabei bemerkt man, dass, während der noch innerhalb des Dotters befindliche Theil des Kernes seine langgestreckte, spindelförmige Gestalt beibehält, der schon hervorgeschobene Theil sich abgerundet und augenscheinlich durch Quellung vergrössert hat. Innerhalb des hervorgeschobenen Theils, an dem man sich von dem Vorhandensein einer deutlichen Membran überzeugt, sieht man eine Anzahl dunkler Körnchen, die durch feine Fasern mit den Fasern des noch im Dotter eingeschlossenen Theils des Kernes in Verbindung stehen, so wie man auch ferner bemerkt, dass sich eine Zone ähnlicher dunkler Körnchen am entgegengesetzten, noch im Dotter befindlichen Kernende findet. Der im Austreten begriffene

Eikern, das Richtungsbläschen, wird nun, wie bekannt, nicht einheitlich hervorgeschoben, sondern in mehreren bläschenförmigen Abschnitten, die durch eingeschnürte Verbindungsstrecken in Zusammenhang stehen.

Ich halte diese Erscheinung für einen activen Theilungsprocess des Zellkernes, nicht etwa nur für eine durch blos äussere Einwirkungen hervorgerufene Erscheinung; doch muss ich die Angabe meiner Gründe auf später verschieben.

Gewöhnlich theilt sich bei *Nephelis* der austretende Kern in dieser Weise in drei nahezu kuglige Abschnitte von meist verschiedener Grösse und zwar ist die zuerst hervorgeschobene Portion die kleinste und die zuletzt austretende die grösste (Fig. 3a).

Nach seinem vollständigen Austreten zeigt das so dreigetheilte Richtungsbläschen, wie gesagt, eine deutliche, zarte Membran und in seinem Innern zahlreiche dunkle, stark lichtbrechende Körnchen; die feinen Fasern der beiden zuerst ausgestossenen Abschnitte sind nicht mehr recht deutlich, dagegen ist der zuletzt ausgetretene hinterste Abschnitt meist deutlich von einer Menge zarter Fasern durchzogen, die von einer Körneranhäufung in der Nähe des Verbindungsstranges mit dem mittelsten Bläschen ihren Ursprung nehmen.

Schon auf dem Stadium der Figur 2, wo der Eikern noch nicht völlig ausgetreten ist, bemerkt man jedoch, ausser den beiden oben erwähnten Strahlungssystemen um die Enden des spindelförmigen Körpers, noch ein drittes im Dotter, das von der Austrittsstelle des Eikernes etwa um einen Quadranten entfernt ist und gleichfalls der Oberfläche des Dotters genähert liegt. Die Körnchenstrahlen laufen auch hier von einem, in ihrem Centrum sich findenden, hellen Hof aus. Dieser Hof nun, sammt seiner Strahlung, vergrössert sich während der völligen Ausstossung des Eikernes und rückt nach dem Centrum des Dotters. Jetzt — nachdem die Ausstossung des Keimbläschens vollendet ist und die Strahlungen des Dotters, die mit dem metamorphosirten Eikern früher im Zusammenhang standen, völlig geschwunden sind, wobei der Dotter auch wieder eine völlig sphärische Gestalt erlangt hat — jetzt erscheinen die ersten zwei minutiösen Kerne in dem Dotter und zwar, wie ich mehrfach zu beobachten Gelegenheit hatte, nahezu in dem durch die Austrittsstelle des Richtungsbläschens bezeichneten Durchmesser des Eies (Fig. 3). Der eine Kern lag immer nahezu in der Peripherie des centralen, hellen Hofes, der andere hingegen zwischen diesem und der Austrittsstelle des Eikernes, näher der Oberfläche des Dotters als dem Centrum.

Meine Bemühungen, zwischen diesen Kernen eine irgendwie gestaltete Verbindung ausfindig zu machen, waren nicht von Erfolg gekrönt. Schon in ihren minutiösesten Anfängen besitzen sie die Structur ausgebildeter Kerne, nämlich nach Behandlung mit 1% Essigsäure

eine deutliche dunkle Hülle und einen flüssigen Inhalt, in dem sich einige dunkle Körnchen finden.

Die oben beschriebene Lagerung der beiden Kernchen ist jedoch nicht von langer Dauer; bald nachdem sie nur wenig mehr gewachsen sind, trifft man sie entweder dicht zusammengelagert in der Peripherie des centralen, hellen Hofes oder in diesem selbst liegend und von der Dotterstrahlung umgeben. an. Einige Male traf ich auch statt zweier, im Centrum des Dotters liegender Kerne, drei an. Es lässt sich bei einem Object, das eine fortlaufende Untersuchung nicht gestattet, natürlich schwer entscheiden, ob die Bildung dreier Kerne nur ein Ausnahmefall ist oder die Regel; da ich jedoch drei Kerne im Ganzen selten sah und wir bei anderen Objecten finden werden, dass die Zahl der sich neubildenden Kerne Schwankungen unterworfen sein kann, so glaube ich annehmen zu dürfen, dass sich bei unserem Object in der Regel nur zwei neue Kerne bilden.

Wie gesagt, wachsen diese Kerne nun mehr und mehr an, indem sie sich hierbei mit ihren aneinander liegenden Flächen gegenseitig abplatten. Schliesslich verschmelzen sie mit einander, indem sie Formen bilden, denen man die Entstehung aus zwei oder zuweilen auch drei einzelnen Kernen noch deutlich ansieht (Fig. 8).

Das Wachsthum der Kerne geschieht nun ohne Zweifel auf Kosten des hellen Centralhofes, denn in dem Maasse als die Kerne anwachsen, nimmt dieser ab, indem allmälig seine Stelle von den Kernen geradezu eingenommen wird. Haben die Kerne ihr definitives Wachsthum erreicht, so ist der Hof völlig geschwunden und mit ihm auch die Dotterstrahlung.

Der Bau dieser Kerne verdient nun einige Aufmerksamkeit. Wie schon bemerkt, sind sie von einer deutlichen, starken, dunkeln Hülle umschlossen und enthalten kein Kernkörperchen, sondern die helle Flüssigkeit, welche in der Hülle eingeschlossen ist, wird von einer Anzahl, von der Hülle entspringender, häufig netzartig mit einander vereinigter, jedenfalls protoplasmatischer Stränge durchzogen, in die hie und da auch dunkle, stärker brechende Körnchen eingeschaltet sind (s. Figg. 6, 7 und 8).

Während diese Vorgänge im Innern des Dotters verlaufen, haben sich gewöhnlich die beiden zuerst ausgetretenen Richtungsbläschen wieder mit einander vereinigt (s. Figg. 5 und 9). In Fig. 9 sieht man deutlich die fasrige Strahlung der beiden Körperchen und in dem einen bemerkt man ein rundes, helles Bläschen, das ich in gleicher Weise auf diesem Stadium mehrfach fand.

Wir kommen nun zu den Vorgängen während der ersten Furchung. Dieselbe wird durch eine Streckung des Dotters in der zu dem Richtungsbläschen-Durchmesser senkrechten Richtung eingeleitet und zugleich beginnt eine Umwandlung des Kernes.

Das Stadium der Figg. 10 und 1a Taf. II. scheint in Bezug auf die ersten Anfänge dieser Kernmetamorphose Wichtiges zu verrathen, wobei ich mir jedoch erlauben muss Einiges einstweilen ergänzend beizufügen, was sich aus den Betrachtungen anderer Objecte ergeben hat. An zwei in der Streckungsaxe des Dotters sich gegenüberliegenden Stellen des Kernes entsteht in den benachbarten Dotterpartien eine Strahlung und zugleich beginnt sich im Centrum derselben ein heller Hof von der früher schon beschriebenen Art zu bilden. Zwischen diesen beiden Punkten beginnt nun der Kern sich längsfasrig zu differenziren; diese Differenzirung schreitet allmälig vorwärts, während der noch nicht veränderte Rest des Kernes noch immer die früher beschriebene Structur, wenn auch nicht mehr so deutlich zeigt (s. Fig. 10), bis er schliesslich völlig verschwindet. Der auf diese Weise aus dem Kern entstandene spindelförmige Körper hat ganz den, schon oben von dem metamorphosirten Keimbläschen geschilderten Bau. Zarte Fasern ziehen in mässiger Anzahl von einem Ende der Spindel zum andern und schwellen in der Mittelzone zu einem dickeren und dunkleren Theil an. Die Gesammtheit dieser aus dunkleren Stäbchen gebildeten Aequatorialzone nenne ich nach dem Vorgange Strasburger's die Kernplatte. Die Länge des so gebildeten, spindelförmigen Körpers ist kaum etwas bedeutender als der Durchmesser des ursprünglichen Kernes, jedoch ist es natürlich schwer dieselbe genau festzustellen, da die sich zuspitzenden Enden nur schwierig wahrnehmbar sind. Vergleicht man das Volumen eines spindelförmig metamorphosirten Kernes mit dem des ursprünglichen Kernes der ersten Furchungskugel, so erhellt, dass letzteres bei der Metamorphose beträchtlich abgenommen haben muss, eine Erscheinung, die nur dadurch zu erklären ist, dass ein Theil der Flüssigkeit, die den Kern erfüllte, während der Metamorphose austrat.

Die weiteren Fortschritte der Theilung sind nun folgende. Die sogen. Kernplatten, die verdickten, äquatorialen Theile der Fasern, theilen sich in dem Aequator des spindelförmigen Körpers und die auf diese Weise enstandenen beiden Platten rücken nun nach den spitzen Enden der Kernspindel zu, bis sie schliesslich in diesen selbst angelangt sind, so dass nun die dunklen Stäbchen oder Fäden der getheilten Kernplatte die Enden der Kernspindel bilden, welche nun auch ihre zugespitzte Gestalt verloren und dafür eine abgerundete erlangt haben (Fig. 12). Mittlerweile hat auch die Einfurchung des Dotters ihren Anfang genommen.

Nun erscheinen die Fasern der Kernspindel im Aequator von neuem etwas verdickt und dunkler und bilden die sogenannte Zellplatte nach Strasburger's Bezeichnung bei vegetabilischen Zellen (Fig. 12).

Nachdem die Dotterfurchung etwa bis zur Hälfte vollendet ist, beginnt die Neubildung der Kerne der zweiten Generation der Furchungskugeln aus den Enden der Kernspindel. Dieser

Vorgang selbst wird sich durch Beobachtung kaum jemals ganz klarstellen lassen, ich bemerke vorerst nicht mehr, als dass die, hier je in Zweizahl auftretenden, neuen Kernchen sich aus den, an die Enden der Kernspindel gerückten Hälften der Kernplatte hervorbilden müssen. Sie erscheinen auch hier als zwei dicht zusammenstehende, von dunkler Hülle umschlossene, mit heller Flüssigkeit und einigen kleinen Körnchen erfüllte Bläschen (Fig. 13 und 14). Die Verschmelzung derselben (Fig. 14) geschieht jedoch hier noch auf einem sehr jugendlichen Stadium. Auch hier steht das Wachsthum dieser jungen Kerne wesentlich mit den hellen Höfen, die sich um die Enden des spindelförmigen Körpers gebildet hatten, im Zusammenhang; denn beide stehen in Bezug auf ihre Ausbildung im umgekehrten Verhältniss. Haben schliesslich die Kerne ihr definitives Wachsthum erreicht, so sind Centralhöfe und Strahlung verschwunden.

Was nun aus den Fasern der ursprünglichen Kernspindel wird, welche noch die jungen Kerne (Fig. 13) mit einander verbinden, liess sich bei diesem Object nicht sicher entscheiden, so dass ich hinsichtlich dieser Frage auf das Folgende verweisen muss.

Haben die Kerne der Furchungskugel zweiter Generation ihre völlige Ausbildung erreicht, die in nichts von der der ersten Generation abweicht, so zeigen die am Ende der Furchung nahezu abgerundeten beiden Dotterkugeln die bekannte Erscheinung des Zusammenfallens (s'affaiser, E. v. Beneden), so dass sie nun zusammen nahezu wieder eine Kugel bilden (Fig. 17).

Ungefähr um diese Zeit ist gewöhnlich die völlige Wiedervereinigung der Richtungsbläschen eingetreten (Fig. 16). Nun zeigt sich in dem einen Richtungsbläschen eine, von zwei sich gegenüberstehenden Körneranhäufungen ausgehende, sehr interessante, strahlige Faserung.

Die nächstfolgenden Theilungsvorgänge der Furchungskugeln zweiter Generation verlaufen völlig in gleicher Weise, wie dies schon für die erste Generation geschildert wurde und wie die Figg. 18 und 19 beweisen. Die Theilung der Furchungskugeln zweiter Generation geschieht schon nicht mehr gleichzeitig.

Die Entdeckung der Richtungsbläschen bei *Nephelis* machte Frey 1845 (1). Eine ausführliche Schilderung der Formation der Richtungsbläschen gab Robin (19). Man findet bei ihm auch eine eingehende Schilderung der Formveränderungen des Dotters während der ersten Entwicklungszeit, sowie Angaben über die Zeitdauer zwischen den einzelnen Prozessen, die ich, weil ich nicht an frischen Eiern untersuchte, ausser Acht liess.

Robin lässt bekanntlich die Richtungsbläschen durch eine Knospung des Protoplasma's der Dotteroberfläche selbst entstehen. Auch bei *Nephelis* soll die Formation der Richtungsbläschen von einer hellen, körnerlosen, peripherischen Dotterpartie aus stattfinden, wovon ich bei den mit Essigsäure behandelten Eiern nichts Deutliches sah. Die Wiedervereinigung der bald

zu zweien, bald zu dreien auftretenden Richtungsbläschen hat Robin zuerst beobachtet. Bei *Clepsine* *), wo sich regelmässig drei, zuweilen jedoch auch vier Bläschen bilden sollen, sollen dieselben in dem letzteren Fall zu zweien sich wieder vereinigen. Nicht uninteressant ist auch die Beobachtung, dass das Richtungsbläschen bei *Nephelis* zuweilen als ein einfacher, wurstförmiger Körper auftritt, der erst nachträglich in zwei oder drei Bläschen sich theilt.

Bei *Nephelis* hat R. auch schon den Kern der ersten Furchungskugel gesehen, er schildert dessen Theilung durch Streckung etc.; doch soll sich zuweilen der Fall ereignen, dass die Furchungsebene neben dem Kern hinläuft und derselbe gänzlich in einer der beiden Furchungskugeln verbleibt.

Bekanntlich hat Ratzel (4) vor nicht langer Zeit sehr merkwürdige, auch mir unerklärliche Mittheilungen über die ersten Entwicklungsvorgänge von *Nephelis* und *Lumbricus* gegeben, nach welchen sich bei diesen Würmern gar keine regelrechte Furchung finden sollte. Diese sonderbaren Ansichten sind durch die Beobachtungen Kowalewsky's (6; p. 2 etc.) schon hinreichend widerlegt worden. Dennoch will ich hier noch einmal kurz die nächsten Fortschritte der Furchung angeben, soweit ich dies verfolgt habe, da die Rathke'sche Schilderung sich nicht ganz den thatsächlich vorhandenen Verhältnissen anschliesst.

Nach der Theilung zu zweien, theilt sich zuerst die grössere Furchungskugel (Figg. 1a u. 12a Taf. II.) noch einmal und hierauf erst die nur um weniges kleinere zweite. Alsdann sieht man gleichzeitig von zweien der Kugeln (wahrscheinlich den Abkömmlingen der ersten grösseren Furchungskugel) in einer zu den seitherigen Theilungen senkrechten Richtung zwei kleine Zellen sich abtheilen, welche den in einer Ebene zusammengedrängten 4 grossen Kugeln mitten aufliegen. Nach Rathke (3), dessen Schilderung Kowalewsky's bestätigen zu können angibt, gehen diese zwei kleinen Kugeln aus einer der 4 grossen hervor und zwar zerfällt diese grosse Kugel schliesslich völlig zu kleinen. Dies ist jedoch sicher nicht der Fall, sondern zunächst erfolgt eine Vermehrung der kleinen Kugeln zu vieren durch ungleichmässige Theilung der beiden anderen

*) Der sogenannte Polarring Grube's (2; pag. 15) ist wohl das Richtungsbläschen, was sich einmal aus seiner Lage, dicht bei oder in der ersten Theilungsfurche, sowie der Möglichkeit, ihn vom Dotter abzupräpariren, ergibt. Die sogenannten Wandungsballen (pag. 18 ff.) sind die sich bildenden Ectodermzellen am formativen Pol. Grube lässt sie sich in den Furchungskugeln bilden und hernach ausgestossen werden. Diese Ansicht basirte wohl darauf, dass er die Kerne der Furchungskugeln für in der Entwicklung begriffene Wandungsballen genommen hat. Interessant ist es, dass er schon um diese Kerne der Furchungskugeln eine strahlige Zeichnung andeutet. (Vergl. l. c. Taf. III. fig. 11 u. 12). Rathke (3) hat bei *Clepsine* gar keine Richtungsbläschen gefunden. Die von Rathke geschilderte sehr eigenthümliche Bildung der sogenannten Keimscheibe bei dieser Gattung macht eine wiederholte Untersuchung des Objectes sehr wünschenswerth.

grossen Furchungskugeln, worauf diese 4 kleinen Kugeln, die Anlage des Ectoderms, sich selbstständig weiter vermehren.

Ratzel macht auch einige Mittheilungen (5; p. 276, T. XXIII, Figg. 29—34) über die Kerne der 4 grossen Furchungskugeln. Er hat an ihnen schon ziemlich deutlich den eigenthümlichen, oben näher geschilderten Bau und ihre häufig sehr unregelmässige, gelappte und ausgebuchtete Form beobachtet. Dies gibt ihm Veranlassung hier einen Knospungsprocess der Kerne anzunehmen, durch welchen namentlich die Kerne der geschilderten kleinen Furchungskugeln ihren Ursprung nehmen sollten. Dass dem nicht so ist, dürfte nach meiner Schilderung der Theilungsvorgänge der Kerne, die sich in gleicher Weise auch bei der Bildung der kleinen Furchungskugeln wiederholen, nicht mehr zweifelhaft sein. Die unregelmässige, gelappte Gestalt der Kerne ist zum Theil wenigstens Folge ihres Hervorgehens aus zwei, vielleicht auch mehr kleinen Kernchen, wobei sie trotz des raschen Wachsthums die Verschmelzungsform häufig noch ziemlich deutlich bewahren.*)

Die Schilderung, welche Rathke von der Neubildung des Kernes der ersten Furchungskugel gibt, beweist, dass er den sich bildenden hellen Centralhof gesehen hat. Seine Angaben über die der Furchung vorausgehende Kerntheilung erklären sich dadurch, dass er die, bei der Umformung des Kernes zur Theilung sich bildenden Centralhöfe gesehen und für durch Theilung hervorgegangene Kerne genommen hat, ein Missgriff, der häufig geschah, wie dies später bei Betrachtung der Nematodeneier noch eingehender hervorgehoben werden wird.

B. Die Vorgänge bei *Cucullanus elegans* Zed.

Taf. III.

Das hier zu besprechende Object war eines der ersten, dessen Untersuchung ich vornahm, und ich verdanke es vielleicht zum Theil seiner, in mancher Hinsicht werthvollen Beschaffenheit, dass es mir gelang etwas tiefer in die hier in Frage stehenden Vorgänge einzudringen.

Die Methode meiner Untersuchung habe ich schon anderwärts**) genau geschildert, ich

---

*) Balfour macht gelegentlich der späterhin zu besprechenden, eigenthümlichen Kerne im Dotter und Blastoderm der Elasmobranchier einige Bemerkungen über ähnliche, zusammengesetzte Kerne im Ei von *Nephelis*. Da mir die Stelle nicht ganz verständlich ist, so erlaube ich mir sie hier in extenso beizufügen:

„Such nuclei as i have described are rare; they have however been observed in the egg of *Nephelis* (on of the Leeches), and have in that case been said too divide. Dr. Kleinenberg, however, by following *a single egg* through the whole course of the development, has satisfied himself that this is not the case, and that, further, *these nuclei in Nephelis never form the nuclei of newly developing cells*." Quart. journ. of micr. science. T. XIV. 1874, p. 329.

**) Zur Entwicklungsgeschichte des *Cucullanus elegans*. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXV. 1875.

bemerke hier nur, dass ich mich einer 2% Essigsäure, der etwa ½% Kochsalz zugesetzt war, als Untersuchungsflüssigkeit bediente.

Die Entwicklung der Eier von *Cuc. elegans* ist ziemlich häufig untersucht worden, jedoch sind die hier stattfindenden Vorgänge nur zum kleinen Theil richtig aufgefasst worden, wie sich aus den nachstehenden Mittheilungen ergeben wird.

Das die Ovarien verlassende Ei ist hüllenlos, von einem sehr durchsichtigen, klaren Protoplasma gebildet, welches jedoch zuweilen einige zerstreute, dunkel-glänzende, den Dotterkörnchen anderer Nematoden entsprechende Körnchen enthält (s. Fig. 3), wie schon Claparède beobachtet hat (7; p. 41, T. XV).

Eine Dotterhaut existirt noch nicht, das, was sich nach Behandlung der Eier in der angegebenen Weise vielleicht so deuten liesse, ist eine verdichtete Hautschicht, die sich nach der Gerinnung durch die Essigsäure durch Diffusionsprocesse in derselben Weise, wie die Haut bei der Bildung sogenannter anorganischer Zellen, abhebt.

Innerhalb des Dotters bemerkt man noch sehr deutlich das grosse, runde Keimbläschen mit deutlicher, dunkler Hülle, körnelichem Inhalt und einem gegen früher schon sehr reducirten, jedoch immerhin noch ziemlich bemerkbaren Keimfleck (Fig. 2).

Die Umrisse des Dotters sind stets sehr unregelmässig, was es mir wahrscheinlich macht, dass derselbe um diese Zeit auch hier, wie bei anderen Nematoden, in lebhafter amöboider Bewegung begriffen ist.

Untersucht man Eier, welche die Samentasche passiren, oder eben aus ihr hervorgetreten sind, näher, so bemerkt man, dass an einer Stelle ein helles Körperchen, welches ein Körnerhäufchen einschliesst, in die Oberfläche des Dotters gleichsam eingedrückt ist (Fig. 1). Seiner Grösse und Beschaffenheit nach und des Umstandes wegen, dass die reifen, jedoch noch nicht durch die Samentasche getretenen Eier dieses Körperchen nie zeigen, ergibt sich dasselbe unzweifelhaft als das mit dem Dotter zur Vereinigung gelangte Spermatozoon.

Der weitere Fortschritt der Entwicklung besteht nun zunächst in der Bildung einer Dotterhaut um den befruchteten Dotter (Figg. 2, 4) und dem Verschwinden des Keimflecks. Statt dessen sah ich mehrfach ein aus sehr feinen Körnchen gebildetes Kreischen im Centrum des Keimbläschens und in seiner Umgebung eine Anzahl aus dunklen Körnchen aufgebauter, feiner Stäbchen (Fig. 3).

Das Keimbläschen selbst liegt zu dieser Zeit häufig excentrisch, dicht unter der Oberfläche des Dotters (Fig. 4).

Gehen wir nun einen Schritt weiter, so finden wir das Keimbläschen nicht mehr im Dotter, statt seiner aber einen langgestreckten, spindelförmig gestalteten Körper von derselben oder doch sehr ähnlicher Beschaffenheit, wie der oben schon aus dem Ei von *Nephelis* beschriebene (vergl. die Figg. 6, 7, 8 u. 9). In seiner Aequatorialzone bemerken wir auch hier wieder die aus einer Anzahl (sicher bis ca. 9) dunkler Stäbchen gebildete Kernplatte. Jedes der Stäbchen verräth selbst wieder eine Zusammensetzung aus kleinen Körnern. Nach den Enden des spindelförmigen Körpers zu, setzen sich die Stäbchen der Kernplatte als zarte Fasern bis in die Enden der Spindel fort. Erblickt man eine derartige Spindel im optischen Querschnitt, so sieht man (Figg. 7, 11), dass die Stäbchen der Kernplatte innerhalb eines bestimmt umgränzten Körpers liegen, also nicht etwa nur Differenzirungen im Dotter sein können.

Durch den Einfluss der angewandten Reagentien zieht sich die umgebende Dottermasse von dem spindelförmigen Körper gewöhnlich weit zurück, so dass derselbe scheinbar in einen weiten hellen Raum zu liegen kommt (s. Figg. 9 u. 6).

Die Deutung des spindelförmigen Körpers fällt uns nun nicht mehr schwer, nachdem wir schon bei *Nephelis* gesehen haben, dass der Theilungsprocess des Kernes mit der Metamorphose zu einer ganz entsprechenden Kernspindel anhebt; der spindelförmige Körper ist also auch hier nichts anderes als der metamorphosirte Kern, wiewohl es mir leider bei diesem Object nicht möglich war, etwas über die Art der Umwandlung zu ermitteln.

Schon die Figur 6 zeigt uns die Kernspindel in einer sehr eigenthümlichen Stellung innerhalb des Dotters; sie ragt nämlich mit ihrem einen Ende in dessen Oberfläche hinein oder wohl schon etwas auf dieselbe hinaus. Weitere Stadien (Figg. 11 und 12) zeigen aber, dass sie sich schliesslich völlig ausserhalb des Dotters, dessen Oberfläche aufgelagert findet, ohne sich jedoch in ihrer früheren Beschaffenheit verändert zu haben.

Es macht mir nun, wie ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung (15) bemerkt habe, einige Schwierigkeit von dem Zustand der Fig. 12 zu den Stadien der Figg. 13 u. 14, die sich unzweifelhaft hier anschliessen, den vermittelnden Uebergang zu finden.

In Figg. 13 u. 14 sehen wir nämlich die Bildung der Richtungsbläschen, von denen es nach den Erfahrungen an *Nephelis* nicht zweifelhaft sein kann, dass sie aus der Kernspindel hervorgehen. Betrachten wir uns diese Formation der Richtungsbläschen in Figg. 13 u. 14 etwas genauer, so sehen wir sie, wie bei den später zu beschreibenden Schnecken, die Bildung einer sich theilenden Kernspindel wiederholen. Wir finden nämlich zwei auseinandergerückte Kernplatten, die aus dunklen Körnern gebildet sind, welche durch feine Fasern sich mit den Körnern der gegenüber liegenden Platte verbinden. Die Entstehung des Richtungsbläschens aus der,

der Oberfläche des Eies aufliegenden Kernspindel muss daher in der Weise vor sich gehen, dass dieselbe in dem einmal eingeleiteten Theilungsprocess weiter fortschreitet, wobei jedoch ihr Volumen sich beträchtlich vermindern muss, denn das Volumen des Richtungsbläschens ist viel kleiner als das der ursprünglichen Kernspindel.

Wenn die Kernspindel noch deutlich auf der Oberfläche des Dotters zu beobachten ist, bemerkt man häufig an ihrem einen Ende ein bläschenförmiges Gebilde (Fig. 12), das einige Körnchen einschliesst. Die Möglichkeit liegt vor, dass dieses Bläschen die beginnende Umwandlung der Kernspindel zu den Richtungsbläschen darstellt. Es schien mir, dass z. B. in der Figur 14 das eine Richtungsbläschen noch in den Dotter eingesenkt sei, doch kann man sich unschwer vorstellen, dass bei der Umwandlung der Kernspindel, die ja doch theilweise in den Dotter eingedrückt ist (vergl. Fig. 11), sich ein derartiges Bild leicht ergeben kann.

Obwohl der Uebergang der Kernspindel in die beiden Richtungsbläschen hier nicht mit derselben Evidenz demonstrirt werden konnte wie bei *Nephelis*, so scheint mir doch ein Zweifel, namentlich wenn noch die später zu besprechenden Beobachtungen bei Schnecken zum Vergleich herangezogen werden, nicht möglich.

Ich will hier einschalten, dass ich das Spermatozoon noch auf dem Stadium der Fig. 12 (sp.) mit Deutlichkeit auf der Oberfläche des Dotters beobachtete.

An der Stelle, wo das Richtungsbläschen der Dotteroberfläche aufliegt, zeigt der Dotter eine etwas abweichende Beschaffenheit; es ist hier ein helleres und etwas grobkörnigeres Protoplasma der Dotteroberfläche bis zu einer gewissen Tiefe eingesenkt und grenzt sich unregelmässig, jedoch ziemlich scharf gegen die feinkörnigere und dunklere Dottersubstanz ab.

Dieses helle Protoplasma an der Oberfläche des Dotters, welches sich wahrscheinlich nach Vollendung der Richtungsbläschen mehr über die Dotteroberfläche ausbreitet — wofür eine Anzahl Bilder sprechen — ist nun ohne Zweifel der Herd der Kernneubildung, denn die neuen Kerne entstehen immer dicht unter der Oberfläche des Dotters und an weit von einander entfernten Stellen. Bevor die Kernneubildung beginnt, ist das Spermatozoon verschwunden. Die Zahl der bei *Cucullanus* sich neubildenden Kerne der ersten Furchungskugel beträgt wohl 4—5. Von Beginn ihrer ersten Bemerkbarkeit sind sie deutlich bläschenförmig, mit dunkler Hülle und körnigem Inhalt, ohne jemals ein besonderes Kernkörperchen zu enthalten.

Nachdem die Kerne zu einer ansehnlichen Grösse herangewachsen sind und ihre peripherische mit einer mehr centralen Lage vertauscht haben, beginnen sie zu verschmelzen, wobei die theilweise zur Vereinigung gelangten (Fig. 12) Formen bilden, welche man

früherhin unbedingt für knospende Kerne in Anspruch genommen haben würde und genommen hat.

Schliesslich erfolgt ihre Verschmelzung zu einem gemeinsamen Kern, so dass das auf diesem Stadium befindliche Ei sich nur durch die der Dotteroberfläche aufsitzenden Richtungsbläschen von dem Zustande vor der Metamorphose des Keimbläschens mit Sicherheit unterscheiden lässt.

Die beiden Richtungsbläschen trennen sich bei unserem Object bald nach ihrer Bildung meist gänzlich von einander, wie sich daraus ergibt, dass sie häufig sehr weit auseinander liegen.

Das nächste Stadium zeigt uns nun den in der Theilung begriffenen Dotter (Fig. 21), in dessen Längsaxe wir die langgestreckte, durch Metamorphose des Kernes hervorgegangene Kernspindel wieder auffinden. Ueber den Modus der Kernumwandlung liess sich hier bei *Cucullanus* nichts mit Sicherheit ermitteln, dennoch wäre es möglich, dass der in Fig. 20 wiedergegebene Zustand mit dieser Kernumwandlung in Zusammenhang stünde. Statt des Kernes zeigt sich hier nur eine undeutlich umschriebne, helle Stelle im Dottercentrum, in deren Inneren eine Anzahl dunkler, körniger Stäbchen unregelmässig durcheinanderliegen. Doch die Hierhergehörigkeit dieses Zustandes ist nur eine Vermuthung, auch habe ich derartige Stadien nur einige wenige Male beobachtet.

Die aus der Metamorphose des ersten Furchungskernes hervorgegangene Kernspindel und mit ihr die, bei den ferneren Theilungen auftretenden, unterscheiden sich in ihrem Bau etwas von der früher beschriebenen, durch Metamorphose des Kernbläschens entstandenen Spindel. Die den Aequator einnehmende Körnerplatte wird nämlich hier nur von einem Kreis dunkler Körnchen gebildet, wie die Ansichten im optischen Durchschnitt (Fig. 23) im Verein mit seitlichen Ansichten lehren.

Das weitere Verhalten des metamorphosirten Kernes während der Theilung ist genau dasselbe, wie das schon früherhin von *Nephelis* geschilderte. Die äquatoriale Körnerplatte (Strasburger's Kernplatte) theilt sich zu zweien, die nach den Enden der Kernspindel auseinanderrücken, bis sie schliesslich die Enden selbst erreichen, womit dann die spindelförmige Gestalt des metamorphosirten Kernes sich wie bei *Nephelis* in eine mehr bandförmige umgewandelt hat. Mittlerweile ist die Durchfurchung des Dotters senkrecht zu den die beiden Kernplatten verbindenden Fasern vollendet. Mit dem Auftreten der jungen Kernchen in den Furchungskugeln zweiter Generation, an Stelle der beiden Kernplatten, habe ich bei *Cucullanus*

nichts Deutliches mehr von den Kernfasern gesehen. Fig. 24 zeigt je 2 eben erst entstandene kleine Kerne; Fig. 25 jedoch beweist, dass sich zuweilen auch bis 4 anlegen können. Nachdem dieselben hinreichend herangewachsen sind, verschmelzen sie mit einander wie die Kerne der ersten Furchungskugel und man hat häufig Gelegenheit die in solcher Weise entstandenen, sogenannten knospenden Kerne zu beobachten.

Die Erscheinung der Dotterstrahlung zeigt sich während der Theilung bei *Cucullanus* in der gleichen Weise wie in den übrigen zur Untersuchung gelangten Eiern, jedoch ist sie hier relativ schwer zu beobachten wegen der so ungemein feinkörnigen Beschaffenheit des Dotters.

Die Richtungsbläschen, die, wie oben schon erwähnt, gewöhnlich weit von einander getrennt sind, haften meist je einer der beiden Furchungskugeln zweiter Generation an (Fig. 25 und 27).

Sind die Kerne der Kugeln völlig ausgebildet, so sind die letzteren auch in der gewöhnlichen Weise zusammengefallen. Darauf beginnt zuerst die grössere der Kugeln in der bekannten Weise sich zu theilen und so fort. So weit sich die Theilungsvorgänge verfolgen liessen, geschahen sie hier stets in der beschriebenen Weise. Ein deutliches Kernkörperchen tritt in den Kernen der Furchungszellen erst auf, wenn die Bildung der zweischichtigen Zellenplatte, die, wie ich anderwärts beschrieben habe,*) das Resultat der Furchung darstellt, vollendet ist.

Die Eier der Nematoden haben vielfach zu Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge gedient. In vergangener, wie jüngster Zeit, seitdem v. Siebold 1837 zuerst ihren Furchungsprocess entdeckte, waren es gerade die Beobachtungen an den Eiern dieser Würmerklasse, welche wesentlich dazu beitrugen, die mannigfachen Wandlungen, welche die Auffassung des Furchungsprocesses im Laufe der Zeiten erfuhr, zu begründen.

v. Siebold, Bagge, Kölliker, Reichert, J. v. Beneden, Gabriel, Claparède, Schneider, Leuckart, Pagenstecher, E. van Beneden, meine Wenigkeit und neuerdings Auerbach haben sich an diesen Objecten versucht und zum Theil auch dem *Cucullanus elegans* ihre besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Um so mehr muss es auffallen, dass auch die Beobachter der letztvergangenen Jahre, welche sich mit der Erforschung der Entwicklung der

*) Vgl. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 26. p. 103.

Cucullanuseiern beschäftigt haben, gar nichts von den so interessanten Vorgängen berichten, die sich in denselben abspielen.

Kölliker hat zuerst 1843 (8) die Entwickelung unseres Thieres eingehend studirt. Der von ihm beschriebene Vorgang der Embryonalzellenbildung, — dass nämlich in dem Dotter zuerst, ähnlich wie bei *Ascaris dentata* Embryonalzellen auftreten, die denselben völlig erfüllten, oder absorbirt haben, wenn man so will — beruhte weniger auf Beobachtung, als auf theoretischen Vorstellungen über Zellbildung überhaupt und einer unstatthaften Verallgemeinerung der bei *Ascaris dentata* erhaltenen Resultate. Ich brauche hier um so weniger auf eine Widerlegung der Kölliker'schen Auffassung einzugehen, als schon Claparède (7; p. 87 und nach ihm schon früher Gabriel)*) die völlige Uebereinstimmung des Furchungsprocesses unseres Thieres mit dem gleichen Vorgang der meisten übrigen Nematoden trefflich nachwies.

Aus Kölliker's Fig. 32, Taf. VII glaube ich jedoch auch ziemlich deutlich zu erkennen, was ihn hauptsächlich in der falschen Auffassung bestärkt hat; diese Figur stellt nämlich ein Ei dar, das 4 Furchungskugeln, jede mit 2 in der Entwicklung begriffenen Embryonalzellen, enthält. Diese Embryonalzellen können nun nichts anderes als Kerne sein, während die dunklen, kleinen Körperchen, die Kölliker als die Kerne auffasste, verschrumpfter Kerninhalt sein müssen; Kölliker hat also die eigentlichen Kerne meist nicht gesehen (was bei der Untersuchung der Eier in Wasser auch natürlich ist), und da er sie einige Male dennoch in mehrfacher Anzahl in einer Furchungskugel sah, hielt er sie für sich entwickelnde Embryonalzellen.

Die Richtungsbläschen des Nematodeneies sind wohl zum ersten Mal von Reichert bei *Strongylus auricularis* (9; Taf. IX. Fig. 5—11) gesehen worden; bei demselben Object erwähnt sie auch neuerdings wieder Auerbach, indem er hervorhebt, dass sie stets im schmäleren Eipol liegen (18; p. 196). Sie hatten seit Reichert's Entdeckung nicht viel Beachtung gefunden. Claparède (7; p. 78) will ein Richtungskörperchen bei *Ascaris suilla* (*lumbricoides*) gefunden haben, jedoch nicht regelmässig und nur bei unbefruchteten Eiern. Schneider (10; p. 285) macht die Bemerkung: »in dieser Flüssigkeit« — *Liquor vitelli* — »findet man, namentlich leicht an dünnschaligen Eiern ein scharf contourirtes Körperchen, welches gewiss zu den vor und bei dem Furchungsprocess so vieler Thiere auftretenden Richtungsbläschen gehören wird.« Neuerdings hat Villot (105) das Richtungsbläschen bei *Gordius* beobachtet.

Was sich nach dem Verschwinden des Keimbläschens ereigne, ja über dessen Verschwinden oder Persistenz waren die verschiedenen Beobachter bekanntlich sehr verschiedener Meinung.

*) Gabriel, De cucullani elegantis evolutione, Berolini 1853, ist mir unzugänglich geblieben.

Pagenstecher lässt es bei *Trichina* direct durch Theilung in die Kerne der Furchungskugeln übergehen, auch Leuckart (11) glaubt sich davon überzeugt zu haben, dass es bei *Oxyuris*-Arten, deren lichte Eier eine gute Beobachtung gestatten, persistire.

Ich glaube kaum nöthig zu haben, besonders hervorzuheben, dass bei derartigen, fundamentalen Vorgängen ein so verschiedenes Verhalten nach allen unseren Erfahrungen den höchsten Grad von Unwahrscheinlichkeit besitzt. Wird das Keimbläschen, wie jetzt bei Mollusken, Würmern und Wirbelthieren nachgewiesen ist, ausgestossen, so geschieht ähnliches wohl allerwärts, wenn sich auch im Einzelnen bedeutsame Modificationen dieses Vorgangs zeigen mögen.

Das Keimbläschen wird also auch bei den Nematoden entfernt und diejenigen Forscher, welche das Gegentheil hievon gesehen haben wollen, wurden höchst wahrscheinlich dadurch getäuscht, dass sie zwischen Keimbläschen und dem Kern der ersten Furchungskugel nicht scharf unterschieden*). Bei *Filaria papillosa* fand Schneider (10; p. 284) nach dem Verschwinden des Keimbläschens in dem Dotter eine Gruppe scharf contourirter Kügelchen und fragt, ob dies vielleicht Reste des Keimbläschens oder Samens seien. Wahrscheinlich sah er die aus dunklen Stäbchen bestehende Kernplatte des, vor seiner Ausstossung zu einer Kernspindel modificirten Keimbläschens.

Ueber die Neubildung der Kerne der ersten Furchungskugel liegt eine sehr wichtige Beobachtung Schneider's vor, die ich beim Niederschreiben meiner vorläufigen Mittheilung leider übersah. Derselbe sagt (10; p. 290): »Wie die ersten Kerne entstehen, ob das Keimbläschen wieder erscheint und sich theilt, oder ob die zwei Kerne sich neu bilden, liess sich nie entscheiden. Die Furchung kann auch erst dann eintreten, wenn sich bereits vier bis acht, ja wohl auch noch mehr Kerne gebildet haben, wie ich dies bei *Cucullanus elegans*, *Filaria papillosa* und einer Enoplus-Art« — wahrscheinlich ein *Dorylaimus* — »des Süsswassers beobachtete.« Er glaubt, dass sich dadurch die Erscheinung, dass der Dotter zuerst in zwei ungleiche Segmente zerfalle, erkläre. Ferner spricht er auch schon (p. 289) die Meinung aus, dass die Kölliker'sche Schilderung (8) der ersten Entwicklungsvorgänge von *Ascaris dentata* (und *Oxyuris ambigua*) sich wahrscheinlich durch das erwähnte Auftreten mehrerer Kerne in der ersten Furchungskugel erkläre, welche Kerne Kölliker, zum Theile verleitet durch die fälschlich angenommene Homologie derselben und der Theilungsproducte des sogenannten

*) Auf diese Weise erklärt sich ohne Zweifel auch die Angabe Greeff's (106; p. 89), dass sich das Keimbläschen bei gewissen frei lebenden Nematoden ohne Betheiligung des Dotters theile. Er hat das Verschwinden, resp. die Ausstossung des Keimbläschens übersehen und die beiden neu entstandenen Kerne für Theilproducte des Keimbläschens gehalten.

Keimbläschens der Cestoden und Trematoden, für Embryonalzellen erklärte, die sich schliesslich innerhalb des Dotters so vermehren sollten, dass sie denselben am Ende ganz verdrängten.

Auch ich hatte schon in meiner vorläufigen Mittheilung darauf hingewiesen, dass ich diese Kölliker'sche Darstellung der Verhältnisse bei *Ascaris dentata* am liebsten in der angegeben Weise erklären möchte, jedoch war ich dadurch zweifelhaft geworden, dass Willemoes-Suhm (12) einen ganz entsprechenden Vorgang von den Eiern der *Ichthyonema globiceps* beschrieb.

Bei nochmaliger Ueberlegung stiess ich jedoch auf einen Umstand, der es mir sehr wahrscheinlich machte, dass sowohl Schneider wie ich bei dieser Deutung ganz im Recht waren. Kölliker beschreibt nämlich sehr bestimmt das Schwinden des ursprünglichen Keimbläschens im Ei von *Asc. dentata*; wäre nun dieses Keimbläschen wirklich ein Homologon der Eizelle der Cestoden und Trematoden, wie Willemoes-Suhm will, so bliebe sein Verschwinden ganz unverständlich. Uebrigens ist auch zwischen der Kölliker'schen Figur 10, Taf. VI, die ein Ei mit 8 kleinen Embryonalzellen (Kernen?) innerhalb des Dotters darstellt, und der folgenden Figur 11, die innerhalb der Dotterhaut einen Haufen kleiner Furchungskugeln zeigt, ein so grosser Abstand, dass ich an eine hier vorliegende Beobachtungslücke glauben muss, die Kölliker, da er die Entwicklungsstadien der Kerne innerhalb der ersten Furchungskugel fälschlich in verkehrter Reihe aufeinander folgen liess, durch eine unrichtige Annahme ausfüllte *)

Obgleich nun Schneider, wie erwähnt, das Vorkommen mehrerer Kerne in der ersten Furchungskugel bekannt war, so war dies doch keineswegs der Fall hinsichtlich des Schicksals derselben, nämlich ihrer Verschmelzung zu einem einzigen, sondern er glaubte, dass diese Kerne direct in die Furchungskugeln übergingen. Ebensowenig war seither etwas von der Metamorphose des Kernes während der Theilung und der Neubildung der Kerne in den Furchungskugeln zweiter und späterer Generation bekannt.

Auf die seitherigen Deutungen des Kerntheilungsprocesses bei den Nematoden komme ich jedoch später bei Gelegenheit einer allgemeinen Betrachtung zurück.

Ueber die äusserlichen Verhältnisse der Furchung bei *Cucullanus elegans* macht E. van Beneden noch folgende Bemerkung (13; p. 107):

> »D'un autre côté, on n'observe guère, dans la disposition des premières cellules embryonaires du cucullanus, cette régularité si remarquable, qui se manifeste dans la disposition des globes vitellins, quand un vrai fractionnement se produit.«

*) Immerhin bleibt zu wünschen, dass diese nun schon seit 1843 durch alle einschlägigen Schriften geschleppte besondere Art der Entwicklung des *Asc. dentata* endlich einmal durch eine Nachuntersuchung aufgeklärt würde. Die den *Asc. dentata* beherbergenden Aeschen (*Salmo thymallus*) sollen in Zürich so leicht zu beschaffen sein, dass für einen an Ort und Stelle befindlichen Zoologen die Untersuchung keine Schwierigkeit haben kann.

Hiergegen muss ich bemerken, dass die Furchung der Eier von *Cucullanus* ganz ebenso regelmässig vor sich geht als bei anderen Nematoden, so dass eine ganz regelmässige, gesetzmässige Anordnung der Furchungskugeln sich noch dann erkennen lässt, wenn die Furchung schon weit fortgeschritten ist, wie ich dies schon anderwärts gezeigt habe (l. c.).

E. van Beneden wurde zu dem oben citirten Ausspruch wahrscheinlich durch schlechte Präparate (vergl. seine Abbildungen Taf. VI.) und dann durch das Bestreben, in der Theilung der Eizelle von *Cucullanus* etwas anderes zu sehen als die wahre Furchung, die er auf die mit Nahrungsdotter versehenen Eier beschränkt, verleitet. Dieser von v. Beneden gemachte Unterschied zwischen der eigentlichen Furchung der Eier mit Nahrungsdotter (Dentoplasma) und der ohne solchen, wie z. B. *Cucullanus*, ist jedoch völlig unhaltbar, da er sich auf keinen einzigen Unterschied in dem Wesen der Vorgänge selbst gründet, sondern nur auf materielle Unterschiede des ursprünglichen Protoplasma's der Eizelle und allenfalls noch auf eine früher oder später im Laufe der Entwicklung eintretende Scheidung zwischen sogenanntem Bildungs- und Nahrungsdotter. Es ist hier nicht der Ort auf die Vorstellung, die man sich von der Furchung der sogenannten meroblastischen Eier und namentlich ihrem Anschluss an die entsprechenden Vorgänge der holoblastischen Eier machen kann, näher einzugehen; doch werde ich an geeigneter Stelle hierauf zurückkommen.

C. Vorgänge bei *Tylenchus imperfectus* Btschli., *Anguillula rigida* Schnd., *Rhabditis dolichura* Schnd. und mehreren Arten der Gattung *Diplogaster*.

Taf. II.

Die auffallende Thatsache, welche mir während meiner Arbeiten über die freilebenden Nematoden 1871—1872 bei der Untersuchung der ersten Entwicklung der Eier von *Rhabditis dolichura* aufstiess (14; p. 101), bildete eigentlich den Ausgangspunkt der hier besprochenen Untersuchungen, die ich im Sommer 1874 wieder aufnahm.

Das Erste, was mir nun bei erneuter Untersuchung zu constatiren gelang, war das nähere Verhalten, resp. der Untergang des Keimbläschens nach der Befruchtung. Die erste entscheidende Beobachtung hinsichtlich dieser Frage machte ich an der neu gefundenen, faulende Pilze bewohnenden Art *Tylenchus imperfectus.**) Die Befruchtung liess sich hier leider nicht näher beobachten. Die reifen Eier sind von recht ansehnlicher Grösse und bestehen aus einem gleichmässig feinkörnigen Dotter, der ein ziemlich grosses Keimbläschen, mit dunklem, ansehnlichem

*) Vergl. das Nähere über diese Art in meiner Abhandlung: „Untersuchungen über freilebende Nematoden und die Gattung *Chaetonotus*," Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 26, p. 363.

Keimfleck einschliesst. Kurz nach dem Uebertritt der Eier in den Uterus werden die Umrisse des Keimbläschens undeutlich und der Keimfleck verschwindet. Gleichzeitig sieht man das Keimbläschen, das sich nur noch als heller Fleck markirt, sich nach der Oberfläche des Dotters im Aequator langsam hinschieben, während der Dotter selbst amöboide Bewegungen ausführt. Plötzlich bemerkt man, dass sich die Oberfläche des Dotters an der Stelle, wo der Keimbläschenfleck sich derselben nähert, grubenförmig etwas einsenkt (Fig. 1). In dieser Grube tritt der Keimbläschenfleck schliesslich in die Oberfläche des Dotters ein und in diesem Moment (Fig. 2) sieht man wie, gewissermassen aus dem Keimbläschenfleck heraus, ein mattes, dunkles Körperchen in die Grube des Dotters eintritt. Nachdem der helle Fleck des Keimbläschens so eine kurze Zeit an der Oberfläche des Dotters verweilt hat, sinkt er wieder in denselben zurück und wird sehr undeutlich*). Nach Verlauf kurzer Zeit taucht nun im Centrum des Dotters der erste Furchungskern auf, erhält jedoch keinen Keimfleck. Die Theilung tritt jetzt sehr rasch ein und der Kern wird hierbei so undeutlich, dass es mir nicht gelang, sein Verhalten näher zu ermitteln.

Bei diesem Vorgang scheint mir nun noch von Bedeutung, dass hier der Kern der ersten Furchungskugel nicht aus der Verschmelzung zweier gesondert entstehender Kerne hervorgeht, insoweit eben am lebenden Ei ein Einblick in diese Verhältnisse gestattet war. Bei den übrigen von mir jedoch untersuchten Arten findet sich überall die früherhin schon von *Rhabditis dolichura* beschriebene Art der Kernneubildung.

Ich schildere hier zunächst den Vorgang der Befruchtung, wie ich denselben bei *Anguillula* (*Leptodera* Schn., *Cephalobus* mh.) *rigida* Schn. mit sehr grosser Deutlichkeit zu beobachten Gelegenheit hatte. Die reifen Eierstockseier sind ziemlich gleichmässig und dicht feinkörnig und von den sonst bei verwandten Arten zu beobachtenden, hellen Dotterbläschen findet sich hier nichts. Der Keimfleck ist in den noch nicht reifen Eiern sehr deutlich, in den reifen schwindet er hingegen und das Keimbläschen erscheint ganz gleichmässig hell. Der Austritt eines reifen Eies in die Ausführwege erfolgt bei auf der Höhe ihrer Entwicklung stehenden Thieren etwa in jeder viertel bis halben Stunde einmal. Das Ei schiebt sich, durch die Enge der Röhre

*) Die schon aus dem Jahr 1848 herrührende Schilderung Lovén's vom Austreten des Keimflecks aus dem Dotter mehrerer Muscheln, namentlich *Modiolaria* (Crenella) *marmorata* und ähnliche später von Koren und Danielssen an den Eiern von Seeschnecken angestellte Beobachtungen, stimmen in allen wesentlichen Punkten mit den oben geschilderten Befunden bei *Tylenchus* überein. Die genannten Forscher wurden in gleicher Weise und durch dieselben Umstände, wie auch ich anfänglich, verleitet, den austretenden Körper für den Keimfleck zu halten. Vergl. Loven, Die Entwicklung der kopflosen Mollusken. Uebersetzt v. Peters im Arch. f. Anat. u. Physiol. 1848, p. 531 und Koren u. Danielssen, Beitr. z. Entwicklungsgesch. der Kammkiemer. Uebers. v. Troschel im Arch. f. Naturgeschichte. 1853. Bd. 1.

lang ausgezogen, nach der Samenblase hin, die dicht mit den hier sehr ansehnlichen Spermatozoën erfüllt ist.

Sobald das Ei bei seinem Eintritt in die Samenblase das erste Spermatozoon berührt, schmilzt es mit diesem zusammen und, weiter vorbeirückend, zieht es das Samenkörperchen mit sich, das nun mit der Oberfläche des Eies successive verschmilzt. Eine kurze Zeit nach dieser Vereinigung bleibt die Verschmelzungsstelle noch dadurch deutlich sichtbar, dass die dunkeln Körnchen des Spermatozoon sich durch ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen auszeichnen. Nach dem Eintritt des Eies in den Uterus ist jedoch keine Spur des Spermatozoon mehr zu entdecken.

Um diesen Befruchtungsprocess zu sehen, ist es nothwendig, dass man das dem Ovar zunächst befindliche Spermatozoon, auf welches das Ei auf seinem Wege zunächst treffen muss, bestimmt ins Auge fasst und nun den Durchtritt eines Eies abwartet. Verfährt man umgekehrt und fasst das Ei ins Auge, so wird man die Vereinigung schwerlich sehen. Nie habe ich die Vereinigung mit noch einem zweiten Spermatozoon wahrgenommen.

Nach dem Uebertritt des Eies in den Uterus, in dem sogleich die Bildung einer Schale beginnt, werden die Grenzen des Keimbläschens undeutlich und dasselbe rückt auch hier sehr bald gegen die Oberfläche des Dotters im Aequator an, die sich ihm entgegen zuweilen auch etwas einbuchtet. Schliesslich tritt es in die Oberfläche des Dotters ein. Jedenfalls wird nun auch hier in diesem Moment der Richtungskörper ausgetrieben, wenngleich ich dies bei dieser Art nicht beobachtete, indem wohl die Kleinheit des Objectes und andere Hindernisse die Beobachtung stören mögen. Dagegen sah ich etwas später ein kleines Richtungskörperchen der Dotteroberfläche im schmäleren Eipol, der der Vagina zugewendet ist, ankleben. Der nun in der Dotteroberfläche liegende Keimbläschenfleck wird manchmal auf derselben deutlich verschoben, bald jedoch scheint er sich mehr und mehr auf derselben auszubreiten, vom körnigen Dotter von innen her verdrängt werdend. Gleichzeitig sammelt sich an verschiedenen Stellen der Dotteroberfläche mehr oder weniger eines sehr hellen, körnerfreien Protoplasmas an und es schien mir, als wenn der Keimbläschenfleck sich mit diesem Protoplasma vereinigte. Ganz besonders reichlich tritt solch helles Protoplasma an den beiden Polen des Dotters auf (Fig. 5). Gleichzeitig ist der Dotter amöboid beweglich, womit die queren Runzeln in Zusammenhang stehen, die man den Dotter überziehend zu dieser Zeit gewöhnlich bemerkt.

Die Neubildung der Kerne beginnt nun in dem hellen Protoplasma der Dotterpole und zwar bildet sich zuerst in einem der Pole ein Kern und hierauf erst der des andern, jedoch scheint bald der eine, bald der andere Pol in Bezug hierauf den Anfang zu machen

Diese Kernneubildung macht den Eindruck, als wenn sich an einer Stelle das helle Protoplasma etwas mehr ansammelte und einen Vorsprung in dem angrenzenden körnigen Dotter bildete, welcher schliesslich von dem letzteren ganz umhüllt und von seiner Ursprungsstätte abgedrängt wird (Figg. 6 u. 7). Ist so der eine Kern gebildet, so rückt er durch den körnigen Dotter dem Centrum zu, ändert seine Lage jedoch häufig noch vielfach, und geht auch nicht selten über das Centrum hinaus, in den andern Pol hinein. Während dessen hat sich in derselben Weise die Bildung eines zweiten Kernes im entgegengesetzten Pol vollzogen. Sind nun in dieser Weise die beiden neuen Kerne gebildet, so rücken sie meist in gerader Richtung auf einander zu und vereinigen sich im Centrum des Dotters, indem sie sich dicht zusammenlegen. Lagen sie sich jedoch, wie in Fig. 7, schon früher in einem der Pole näher, so werden sie von da gemeinsam nach dem Dottercentrum geschoben. Sie verweilen hier nun einige Zeit im Dottercentrum neben einander, wobei ihre Contouren sehr scharf werden; schliesslich schieben sie sich über einander, so dass sie sich genau decken und verschmelzen.

Das helle Protoplasma an der Dotteroberfläche ist nun gänzlich geschwunden. Auf die Theilung gehe ich hier nicht weiter ein, da mir das Object in dieser Beziehung nichts Neues darbot und auch nicht sehr günstig zu sein schien.

Die von mir schon früher beobachtete *Rhabditis dolichura* Schnd. habe ich neuerdings wieder einige Male untersucht. Nach dem schon früher geschilderten Ausstossen der hellen Bläschen des Dotters, wonach derselbe ein feinkörniges, gleichmässiges Aussehen erlangt hat, sieht man auch hier noch den, an die Oberfläche des Dotters im Aequator herangerückten Keimbläschenfleck. Während nun helle protoplasmatische Masse an die Oberfläche des Dotters tritt, verschwindet dieser Fleck; jedoch sah ich mehrfach an der Stelle, wo er in der Dotteroberfläche verschwand, das Richtungsbläschen liegen, welches jedoch hierauf, wahrscheinlich in Folge der zu dieser Zeit sehr lebhaften amöboiden Dotterbewegungen, nach dem Vaginalpol verschoben wurde. Nach kurzer Zeit verschwindet nun die helle protoplasmatische Masse von der Oberfläche des Dotters und derselbe wird wieder mehr oder weniger gleichmässig körnig. Nun entstehen die neuen Kerne und zwar der eine immer in dem der Vagina zugewendeten Dotterpol, der andere wurde mehrfach zuerst im Aequator deutlich. Einmal sah ich sie beide gleichzeitig und dicht neben einander im Vaginapol entstehen; nach ihrem Entstehen trennten sie sich dann auf kurzer Zeit wieder, um sich schliesslich zu vereinigen und nach dem Centrum des Dotters zu rücken. Fernerhin stiess ich bei dieser Gelegenheit einmal auf ein Ei, in dem sich nicht wie gewöhnlich nur zwei, sondern drei neue Kerne bildeten, welche sich in derselben Weise wie die beiden gewöhnlichen im Centrum des Dotters vereinigten.

Bei mehreren Arten der Gattung *Diplogaster*, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, fielen mir namentlich die ganz exquisiten amöboiden Bewegungen des Dotters während der Kernbildung und bis zur Theilung hin auf. Manchmal glaubte man, ein schon in der Furchung weit vorgerücktes Stadium vor sich zu haben, denn der Dotter hatte ein völlig maulbeerförmiges, von tiefen Furchen auf seiner Oberfläche herrührendes Aussehen; dennoch zeigte sich bei näherer Betrachtung, dass man es nur mit sehr energischen, amöboiden Formveränderungen eines einfachen Dotters zu thun hatte (s. Figg. 10—12). Natürlich sieht man diese lebhaften Bewegungen des Dotters nur an nicht gepressten Eiern deutlich.

Auch hier bilden sich nach dem Austritt des Keimbläschens zwei neue Kerne, jedoch auch hier nicht in den entgegengesetzten Polen, sondern entweder beide in einem Pol oder der eine an der langen Seite des Dotters, der andere im Pol. Ihre Vereinigung sah ich mehrfach weit vom Centrum des Dotters vor sich gehen. Nachdem sich die beiden Kerne vereinigt haben, erlischt die lebhafte Bewegung des Dotters allmälig, dagegen dauern hin- und herwogende Strömungen in demselben noch an, ja dieselben scheinen selbst während der Theilung nicht zu erlöschen.

Fig. 12 zeigt die schon verschmolzenen Kerne, welche schon eine Streckung erfahren haben, jedoch eigenthümlicher Weise sich noch nicht im Centrum des Dotters befinden und auch mit ihrer verlängerten Axe quer zur Längsaxe des Dotters stehen. Bald jedoch wurde diese Abnormität ausgeglichen und der Kern ins Centrum des Dotters geschoben, sowie auch seine Längsaxe in die des Dotters eingerichtet.

Auch bei *Rhabditis dolichura* habe ich beobachtet, dass selbst während der Theilung, wenn die beiden Strahlensysteme entstanden sind, dennoch die Strömungen im Dotter nicht völlig sistiren, sondern ich sah längs der Peripherie der sogar schon zum Theil abgeschnürten Furchungskugeln ziemlich lebhafte Strömungen nach der Trennungsfurche hineilen.

Als Beispiele einer rapiden amöboiden Beweglichkeit des Dotters nach dem Verschwinden des Keimbläschens will ich hier noch die Eier des grossen *Tylenchus pellucidus* Bast. erwähnen. In welcher Weise hier das Keimbläschen sich den Blicken des Beobachters entzieht, habe ich nicht mit Sicherheit feststellen können. In Figg. 16—21 habe ich 6 Formen, die der Dotter nach einander in dem kurzen Zeitraume von 5 Minuten angenommen hatte, wiedergegeben. Der Dotter ist während dieser Periode der lebhaften Beweglichkeit ganz gleichmässig feinkörnig, ohne Spur einer hyalinen Zone; auch die Fortsätze sind in gleicher Weise nur von körnigem Protoplasma gebildet. Diese lebhaften amöboiden Bewegungen erloschen und dafür entsprangen der Dotteroberfläche eine grosse Anzahl kleiner, stumpfer Fortsätze, welche ihr ein ganz traubiges Ansehen verliehen. Einige Stunden später war ein centraler Kern sichtbar und erst nach

Verlauf 6 weiterer Stunden fand ich den Dotter zu zwei Kugeln zerfallen. Bei dieser Art beträgt die Zeit von der Eiablage bis zum Eintritt der ersten Furchung ungefähr 24 Stunden, während die gleichen Processe bei den vorhergenannten kleinen Nematoden höchstens $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde in Anspruch nehmen.

In Figg. 22—24 habe ich einige Eier des *Oxyuris Diesingii* (aus *Blatta orientalis*) abgebildet. Der ganz contrahirte Dotter (Fig. 22) zeigt nämlich gleichfalls amöboide Bewegungen, jedoch von viel langsamerer und plumperer Art, als das vorhin beschriebene Object. Dagegen verhält sich der Dotter hier völlig wie eine Amöbe, die stumpfen, breiten Fortsätze, welche er aussendet, werden nämlich von völlig hellem, körnerfreiem Protoplasma gebildet (Fig. 22). Ist der Dotter dieser Eier etwa bis zur Hälfte seiner Condension gelangt, so häuft sich an einem seiner Pole helles Protoplasma in ziemlicher Menge an und in diesem sieht man das Keimbläschen erscheinen, das auch zuweilen noch einen deutlichen Rest des Keimfleckes erkennen liess. Seine weiteren Schicksale liessen sich an diesen zur Untersuchung derartiger Vorgänge sehr ungeeigneten Eiern nicht entziffern.

Bekanntlich entbrannte in den fünfziger Jahren ein sehr lebhafter Streit über die Befruchtung der Nematoden, dem wir es vornehmlich zu verdanken haben, dass unsere Kenntnisse der Geschlechtsorgane dieser Thiere sich so befriedigend klärten. Dieser Streit, welcher namentlich zwischen Nelson, Meissner, Bischoff, Thompson und späterhin noch Claparède und Munk geführt wurde, endete schliesslich ziemlich unbefriedigend. Claparède hat eine sehr lichtvolle Darstellung dieses wissenschaftlichen Tourniers in seiner bekannten Arbeit »Sur la formation et la fécondation des oeufs chez les vers nématodes« (7) gegeben. Das schliessliche Resultat seiner Untersuchungen, sowie derjenigen Munk's, war die Nichtbestätigung des von Nelson und Meissner behaupteten Eindringens der Spermatozoën in den Dotter. Schneider (10; p. 282) und Leuckart (11; p. 85) haben hingegen später wieder das Eindringen bestätigen zu müssen geglaubt, obgleich es mir zweifelhaft erscheint, ob ihre einschlägigen Deutungen die richtigen sind.

Ihre Beobachtungen beziehen sich auf Ascariden (*megalocephala* und *lumbricoides*), wo die Spermatozoën bekanntlich in den weiblichen Geschlechtsorganen sehr eigenthümliche kegelartige Bildungen darstellen. Derartige Kegelchen nun sind es, welche die genannten beiden Forscher innerhalb des Dotters beobachtet haben wollen. Ich kann jedoch kaum glauben, dass diese Formation der Spermatozoën sich nach der wohl sehr rasch verlaufenden Vereinigung mit der Eizelle noch erhalte und deshalb erscheint mir die Deutung

jener, dem Dotter aufsitzenden oder scheinbar in denselben eingedrungenen Spermatozoën sehr unsicher *).

Es dürfte also der oben von mir erbrachte Nachweis der völligen Verschmelzung der Eier von *Anguillula rigida* mit je einem Spermatozoon und der Vereinigung des Spermatozoon von *Cucullanus* mit dem Dotter, nicht ganz ungeeignet sein, den immer noch von mancher Seite bezweifelten Vorgang der Befruchtung zu klären.

Mit dem Nachweis des Eindringens der Spermatozoën in die den Dotter umgebende Eiflüssigkeit, der ja fast durch das ganze Thierreich hindurch geführt ist, ist ja noch keineswegs die Frage nach der wirklichen Vereinigung der Spermatozoën mit der Eizelle entschieden, und wenn sich die, bei *Anguillula* und *Cucullanus* gefundne Thatsache: dass die Vereinigung mit einem einzigen Spermatozoon die Regel ist, noch weiter verbreitet finden sollte, so würde dieser Umstand die Schwierigkeit der Beobachtung dieser Verschmelzung bei Eiern von einiger Grösse hinreichend erläutern.

Es fragt sich nun, welche Deutung ich den Beobachtungen über das Verschwinden des Keimbläschens bei den Eiern der untersuchten kleinen, freilebenden Nematoden geben muss. Die Untersuchungsobjecte sind sehr klein, was seine Vortheile, aber auch seine Nachtheile mit sich führt. Das Aussehen des aus dem Dotter an der Stelle, wo der helle, durch Veränderung des Keimbläschens hervorgegangene Fleck an dessen Oberfläche tritt, hervorgeschobnen Körperchens veranlasste mich in meiner vorläufigen Mittheilung (15) in ihm den Keimfleck zu vermuthen.

Seine Kleinheit macht hier eine nähere Erkenntniss seines Baues im Moment des Ausstossens unmöglich, ebensowenig liess sich die etwa in dem Keimbläschen beim Undeutlichwerden seiner Ränder vor sich gehende Umwandlung erfassen. Nach den Erfahrungen, die wir jedoch bei *Nephelis* und *Cucullanus* machten, dürfte es keinem Zweifel unterliegen, dass wir in dem, von mir oben als Keimbläschenfleck bezeichneten Umwandlungsproduct des Keimbläschens, dasselbe Gebilde vor uns haben, welches wir in dem spindelförmig modificirten Eikern des Nephelis-Eies fanden, zusammen mit den beiden Centralhöfen der sich um dessen Enden findenden Strahlungen, welche sich auch hier bei genaueren Beobachtungen wohl noch auffinden lassen werden. Tritt nun der Keimbläschenfleck in die Oberfläche des Eies ein, so wird das in ihm liegende, metamorphosirte Keimbläschen als Richtungsbläschen eliminirt, die

*) Es wird aus meiner ganzen Darstellung schon ersichtlich sein, dass ich mit Munk, Claparède und Leuckart an den von mir beobachteten unbefruchteten Eiern keine Dotterhaut und daher auch keine Mikropyle finde.

hellen Centralhöfe dagegen persistiren noch einige Zeit an der Dotteroberfläche, indem sie zu der irrigen Ansicht, als bleibe das Keimbläschen selbst erhalten und es trete nur ein Körper aus ihm und dem Dotter hinaus, Veranlassung gaben. Bei dieser Deutung, die ich für die einzig mögliche halte, wodurch meine sämmtlichen Beobachtungen über die Ausstossung des Keimbläschens bei Würmern und Schnecken in Einklang gebracht werden, darf uns die beträchtliche Reduction, welche das Volumen des Keimbläschens bei der Metamorphose zum Richtungskörper erfährt, nicht stören. Wir finden das Gleiche bei allen bisher untersuchten Eiern und werden uns späterhin, namentlich bei den Infusorien, überzeugen, dass Volumensänderungen der Kerne in dem grössten Masstab und der verschiedensten Richtung stattfinden können.

Auf einen Vergleich der von mir gemachten Beobachtungen über die ersten Entwicklungsprocesse in den Eiern der Nematoden mit den Auerbach'schen Befunden werde ich bei Gelegenheit einer allgemeinen Besprechung der von mir und Anderen erhaltenen Resultate zurückkommen.

D. Die Vorgänge bei Gastropoden (*Limnaeus auricularis* Drp. und *Succinea Pfeifferi* Rssmslr.)

Taf. IV.

Die Eier der genannten beiden Schnecken untersuchte ich zuerst nach den wiederholten Beobachtungen der kleinen freilebenden Nematoden.*) Da mir damals die Kernmetamorphose noch nicht bekannt war und es mir auch bei diesen Objecten nur theilweise gelang, derselben ansichtig zu werden, so sind diese Beobachtungen hinsichtlich des Theilungsprocesses der Furchungskerne und einiger anderer Punkte etwas mangelhaft geblieben. An der Hand der Beobachtungen bei *Nephelis* und *Cucullanus* wird es jedoch gelingen, für die gesehenen Bilder die richtigen Deutungen zu finden und dadurch die nahezu völlige Uebereinstimmung der Vorgänge mit den früher geschilderten festzustellen.

Untersucht man die Eier von *Limnaeus* und *Succinea* gleich nachdem sie gelegt wurden, so findet man, dass der Dotter auch hier wie bei *Nephelis* nicht ganz sphärisch ist, sondern in einem Durchmesser abgeplattet erscheint (Fig. 1). Der eine der auf diese Weise bestimmten Dotterpole zeichnet sich fernerhin noch dadurch aus, dass er spitzer emporgewölbt ist und von hellem, körnerfreiem Protoplasma gebildet wird. In der kürzeren Axe des Dotters trifft man nun, einmal etwa in dem Centrum desselben, dann ferner, etwa in der Mitte zwischen diesem

*) Die Untersuchung der Schneckeneier, sowie der von *Nephelis* wurde nach 1—2stündigem Verweilen derselben in 2% Essigsäure vorgenommen.

und dem hellen Pol, je ein Strahlungssystem mit centralen Hof. Ferner sah ich, dass sich von einem zu dem andern Hof feine Fasern hinzogen. Vergleicht man nun dieses Stadium (Fig. 1) mit dem früher geschilderten ersten Stadium von *Nephelis* (Taf. I. Fig. 1), so wird die völlige Uebereinstimmung derselben hinreichend klar werden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch hier zwischen den Centralhöfen der beiden Strahlungssysteme sich der spindelförmig metamorphosirte und gestreifte Eikern befindet, dessen Streifung ich gesehen hatte, ohne dass mir die Bedeutung derselben völlig klar geworden war. Dass sich dies nun so verhält, folgt auch aus den ferneren Fortschritten. Auch hier rücken die beiden Strahlensysteme, sammt der zwischen ihnen sich hinziehenden Streifung, dem vorgewölbten Pole des Dotters näher, bis schliesslich das demselben nähere in die Oberfläche des Dotters an diesem Pole selbst hineinrückt (Fig. 2). Bald hierauf beginnt denn auch ein Richtungsbläschen zwischen dieser polaren Strahlung wie bei *Nephelis* hervorzutreten (Fig. 3, 4 u. 5). Man bemerkt an ihm nun folgende, uns schon von anderwärts her bekannte Structur. — Innerhalb des, mittels eines Stielchens gewöhnlich scheinbar der Dotteroberfläche aufsitzenden Bläschens liegt eine Scheibe dunkler, glänzender Körner, die sich gewöhnlich, da man meist auf ihren Rand sieht, als eine Körnerlinie darstellt. Von diesen Körnern entspringen zarte Fasern, welche sich durch das Stielchen hindurch ein Stück weit in den Dotter hinein verfolgen lassen und bei günstigen Objecten gelingt es, dieselben bis zu einer zweiten, im Dotter noch eingeschlossenen Körnerscheibe zu verfolgen. Mehrfach sah ich jedoch deutlich auch das Stielchen des schon hervorgeschobenen Richtungsbläschens selbst, sich noch in den Dotter hinein fortsetzen und um die innere Körnerscheibe ein ähnliches Bläschen formiren, wie das schon ausgestossene. Es liess sich also das noch auszustossende zweite Richtungsbläschen mit hinreichender Sicherheit innerhalb des Dotters constatiren.

Um dieses noch innerhalb des Dotters befindliche Richtungsbläschen bemerkt man auch noch mit Deutlichkeit die radiäre Strahlung, doch muss ich gestehen, dass ich in Bezug auf das Verbleiben der beiden ursprünglichen Strahlungssysteme bei diesen Eiern nicht gänzlich ins Klare kam, weil ich die sich hier abspielenden Vorgänge noch nicht völlig begriff. Mehrfach beobachtete ich zu einer Zeit, da das erste Richtungsbläschen schon ausgestossen war, noch ein zweites Strahlungssystem im Centrum des Dotters (Fig. 4), ohne mir jedoch darüber völlig Rechenschaft geben zu können, ob dies wie bei *Nephelis* ein neugebildetes oder ob es eines der beiden früheren Systeme sei, was mir sehr unwahrscheinlich dünkt.

An dem Dotterpol, der das Richtungsbläschen hat austreten lassen, zeigte sich, wie bemerkt, auch in früherer Zeit schon eine Ansammlung hellen, körnerfreien Protoplasmas, jetzt,

nach dem Austritt des ersten Richtungsbläschens, sehe ich mit vieler Deutlichkeit und bei fast sämmtlichen Eieru, die ich in dieser Hinsicht untersuchte, in diesen Pol eine hellere und sehr feinkörnige Protoplasmamasse eingesenkt, welche sich mit einer scharfen, aber sehr schwach markirten Grenze gegen den übrigen Dotter absetzte. Auf die Constatirung dieses Verhältnisses habe ich sehr viele Mühe verwandt, da ich, wie schon erwähnt, ursprünglich an dem Gedanken festhielt, dass die Richtungsbläschen den Keimfleck repräsentirten und in dieser hellen Masse die Reste des an die Oberfläche getretenen Keimbläschens vermuthete. Hierauf gründete sich denn auch die in der vorläufigen Mittheilung (15) ausgesprochene Ansicht, dass sich ein Rest des Keimbläschens in erkennbarer Form erhalte. Manchmal sah ich die schon erwähnte Strahlung um das noch im Dotter eingeschlossene zweite Richtungsbläschen an der Grenze dieses hellen Protoplasmas endigen (Fig. 3, 5, 17). —

Ein weiteres Stadium (Fig. 6) zeigt uns nun auch das zweite Richtungsbläschen aus dem Dotter hinausgeschoben, wo es in einer Einsenkung der Dotteroberfläche sitzen bleibt.

Dicht unterhalb dieser Stelle zeigen sich jedoch nun bei *Limnaeus* eine ganze Anzahl, bis zu 9 und vielleicht manchmal noch mehr neu gebildeter, kleiner Kernchen, dicht zusammenliegend Jedes derselben besitzt eine deutliche, dunkle Hülle, einen hellen, jedenfalls flüssigen Inhalt und innerlich einige wenige, dunkle Körperchen oder Kreischen mit hellerer Mitte. Diese Körperchen hängen jedenfalls der Hülle dicht an. Ausserdem bemerkt man noch ein eigenthümliches Verhalten der Richtungskörperchen; dieselben zeigen häufig noch sehr deutlich die schon erwähnte Structur, nämlich die beiden Körnerscheiben, sammt den sie verbindenden Fasern und dann sieht man, dass sich von dem dem Dotter aufsitzenden Bläschen einige feine Fasern in den Dotter hinein, zwischen die dort liegenden, neugebildeten Kernchen begeben (Fig. 6 u. 8). Eine Erklärung letzterer sehr eigenthümlichen Einrichtung vermag ich nicht zu geben.

Mit der Bildung der Kernchen steht nun gewiss unzweifelhaft das an ihrer Stelle befindliche helle Protoplasma in Verbindung, in welcher Weise jedoch, dies lässt sich vorerst nicht näher angeben.

Weitere Stadien zeigen nun ein successives Verschmelzen der Kernchen mit einander, so dass man später an ihrer Stelle grössere Kerne in einer geringeren Anzahl trifft, welche jedoch ganz genau den Bau der früheren kleinen Kerne wiederholen, mit der Ausnahme, dass je grösser die Kernchen werden, desto grösser auch die Zahl der in ihnen sich findenden, dunklen Körperchen ist. Schliesslich finden sich nur zwei grosse Kerne, die endlich auch zu einem grossen Kern mit einander verschmelzen, an welchem man häufig die Spuren des Hervorgehens aus zweien noch zu sehen Gelegenheit hat.

Bei *Succinea Pfeifferi* scheint sich der Vorgang der Kernneubildung etwas anders zu verhalten; auch hier findet sich unterhalb des ausgestossenen Richtungsbläschens die helle protoplasmatische Masse, in der ich auch im lebenden Ei zwei neue Kerne dicht neben einander aus kleinen Anfängen hervorwachsen sah. Andrerseits traf ich jedoch bei diesem Object auch auf Zustände, wo die beiden Kerne in weiter Entfernung von einander lagen (Fig. 15). Ob nun in solchen Fällen auch die Neubildung derselben an so weit von einander getrennten Stellen begann, wie ja an und für sich nicht unwahrscheinlich ist, oder ob sie nachträglich nur verschoben wurden, scheint mir fraglich. Uebrigens haben die Kerne hier ganz denselben Bau wie bei *Limnaeus*, doch beobachtete ich mehrfach, dass die Inhaltskörperchen sich im Centrum der Kerne zu einem Haufen zusammengedrängt hatten. Schliesslich erfolgt denn auch bei *Succinea* die Vereinigung zu einem Kern, wie für *Limnaeus* schon ausführlicher beschrieben wurde.

Die Theilung des so entstandenen Kernes der Furchungskugel erster Generation und damit auch die Theilung des Dotters, hebt nun in der Weise an, dass an zwei, sich diametral gegenüberliegenden Stellen des Kernes, welche die Axe der späteren Theilung bezeichnen, zwei ursprünglich noch kleine Strahlungssysteme in dem anfänglich noch sphärischen Dotter entstehen (Fig. 10). Jedes Strahlungssystem hat wiederum in seinem Centrum den bekannten hellen und homogenen Hof. Ein folgendes Stadium Fig. 11 zeigt uns nun auch den Kern schon sehr wesentlich verändert; er ist gänzlich streifig-faserig geworden und zwar laufen die Fasern in dem schon etwas spindelförmig gestalteten Kern in der bekannten Weise von dem einen Ende der Spindel zu dem andern. Anfänglich bemerkt man zwischen den Streifen des Kernes noch deutlich die dunklen Binnenkörperchen desselben (Fig. 11), bald jedoch verschwinden dieselben völlig (Fig. 12) und der Kern stellt nun eine längsgestreifte, zwischen den beiden Strahlensystemen liegende Spindel dar. —

Auf einem Stadium (Fig. 13), wo die Furchung senkrecht zu der Kernspindel unterhalb des Richtungsbläschens schon begonnen hatte, fand ich an der Kernspindel auch deutlich die äquatoriale Kernplatte, von schwachen dunkleren Verdickungen der Mitten der Spindelfasern gebildet. Die Kernspindel wird übrigens im weiteren Verlauf der Theilung sehr schwer sichtbar, obgleich ich nicht zweifle, dass sich jetzt, nachdem diese Vorgänge bei andern Objecten ganz sicher gestellt sind, auch hier bei erneuter Untersuchung dasselbe Verhalten mit Sicherheit ergeben wird.

Ich habe das Auseinanderrücken der beiden Kernplattenhälften hier nicht beobachtet und wende mich daher gleich zu einem Zustand, wo sich schon die ersten Anfänge der Kerne der

Furchungskugeln zweiter Generation finden, die sich ohne Zweifel auch hier durch Differenzirung der in die Enden der Kernspindel gerückten Hälften der Kernplatten bilden.

Hier sieht man nämlich mit grosser Deutlichkeit, dass die die beiden Tochterkerne verbindenden Fasern in der Mitte zwischen beiden zum Theil wieder zu dunkel-glänzenden, verdickten Partien angeschwollen sind, eine Eigenthümlichkeit, der wir in geringerem Maasse schon bei *Nephelis* begegneten und in welcher wir die Strasburger'sche Zellplatte wiederfinden müssen (Fig. 14 u. 19). Ich kenne bis jetzt unter den thierischen Objecten keines, welches diese Zellplatte so deutlich ausgeprägt zeigte, wie die beiden Schnecken. Gehen wir einen Schritt weiter, so finden wir die Tochterkerne schon mehr angewachsen, jedoch durch die Kernfasern noch in deutlicher Verbindung (Fig. 20), obgleich die Durchfurchung des Dotters schon völlig vollzogen zu sein scheint. Was aus der sogenannten Zellplatte geworden ist, liess sich nicht ermitteln, von ihr ist nichts mehr zu sehen.

In ihrem Bau stimmen die Kerne der Furchungskugeln zweiter Generation völlig mit denen der ersten überein.

Wenn, wie sich aus der voranstehenden Beschreibung ergibt, meine Untersuchungen der Vorgänge im Schneckenei, als die anfänglichen, auch nicht den Grad von Vollständigkeit und Sicherheit besitzen wie die späteren, so glaube ich doch, dass sich aus ihnen zweifellos die wesentlichste Uebereinstimmung der Vorgänge der Ausstossung des Eikerns und der Kerntheilung mit denen der früher beschriebnen Objecte ergeben. Es war daher auch gewiss nicht ungerechtfertigt, wenn ich zur Ergänzung der Lücken auf die Beobachtungen an anderen Objecten zurückgriff.

Eine ganz vorzügliche Arbeit über den Furchungsprocess von *Limnaeus* verdanken wir Warneck (110), auf welche ich leider erst aufmerksam wurde, als meine Untersuchungen schon beendigt waren. Fol hat (35; p. 26) die Beobachtungen dieses Forschers auch schon gebührend gewürdigt, jedoch meiner Ansicht nach zum Theil nicht richtig aufgefasst. Warneck hat noch frühere Entwicklungsstufen der Eier von *Limnaeus* und *Limax* beobachtet als ich; da fand sich im Centrum des Dotters ein anschnlicher heller Fleck an Stelle des Keimbläschens, der jedoch keine Hülle besass, überhaupt auch in continuirlichem Zusammenhang mit der umgebenden Dottermasse stand. Dieser Fleck nun theilt sich in der Richtung des einen Dotterdurchmessers zu zweien, »es zeigt sich hier ein Furchungs- oder Theilungsprocess« (l. c. p. 117). Hierauf zieht sich der Fleck mit seinem Inhalt nach der Dotteroberfläche hin und erscheint dann dieser ein- oder angelagert in Gestalt eines mit seiner Spitze nach dem Dottercentrum schauenden Kegels. Es ist unrichtig referirt, wenn Fol angibt (l. c. p. 25): die eine Hälfte

des Flecks werde nach der Dotteroberfläche geschoben und trete als Richtungsbläschen aus, die andere dagegen bleibe im Centrum des Dotters. Wir sehen also, dass Warneck das veränderte in der Metamorphose begriffene Keimbläschen als hellen Fleck sah, dass er von ihm selbst nichts bemerkte, kann uns nicht erstaunen, wenn wir berücksichtigen, dass er auch bei jeder Theilung die Furchungskerne in eben solche helle Flecke übergeben lässt, also auch hier die Metamorphose des Kernes als einen Art Lösungsprocess desselben, wie später Auerbach auffasste.

In dem erwähnten hellen Fleck fand nun Warneck aber, nachdem derselbe, wie geschildert, an die Oberfläche des Eies gerückt war, zwei kugelförmige, zusammenhängende Körper (vergl. Taf. II. Fig. 6a), so dass es mir sehr wahrscheinlich dünkt, dass es diesem trefflichen Beobachter gelang, das metamorphosirte Keimbläschen kurz vor seinem Austritte zu isoliren. Warneck betrachtet die erwähnten Körper als die durch eine Art Verdichtung neu entstandenen Kerne. Erst nachdem diese Körper in dem hellen Fleck sich gezeigt haben, tritt über dem Fleck an der Oberfläche des Dotters sehr helle Masse auf, die im optischen Durchschnitt eine Art sichelförmigen Streifens an der Oberfläche des Dotters bildet, und aus dieser Masse lässt Warneck die Richtungsbläschen (zuweilen 3) sich formiren, nicht jedoch durch Austritt einer Hälfte des hellen Flecks. Er spricht sich daher auch sehr entschieden dagegen aus: dass diese Bläschen »als *Vesicula Purkinji* oder als Ueberbleibsel derselben zu betrachten seien«. Der helle Fleck jedoch wird nach ihm wieder ganz zu dem Kern der ersten Furchungskugel und zwar sah er bei *Limax* sehr deutlich zwei Kerne entstehen (p. 125, Taf. IV. Figg. 10′ und 10″), die, wenn der Dotter sich zur Theilung anschickt und die Kerne undeutlich werden, indem sie ihre Hülle verlieren, zu einem gemeinsamen hellen Fleck sich vereinigen. Die Theilung der Kerne der Furchungskugeln ist jedenfalls so genau geschildert, als dies sich am lebenden Ei und mit schwächeren Vergrösserungen erreichen liess. Zunächst schwindet die Hülle, der Kern nimmt an Grösse ab und wird zu einem hellen Fleck; darauf streckt derselbe sich in die Länge und zerfällt schliesslich in zwei Theile; bei *Limax* hingegen auch in 3 (!), von welchen der mittlere in der Theilungsfurche der Dotterkugel bleibt, die äusseren hingegen in die Dotterkugeln selbst rücken (Taf. IV. Fig. 29a). Durch Verdichtung in diesen hellen Fecken entstehen alsdann die eigentlichen Kerne, die zuerst sehr klein auftreten und allmälig, wahrscheinlich auf Kosten des hellen Flecks, heranwachsen.

Ich habe kaum nöthig besonders hervorzuheben, wie sehr diese wichtigen Untersuchungen von Warneck in vielen Punkten mit den meinigen übereinstimmen, obgleich ich hinsichtlich der Frage nach den Richtungsbläschen sehr von ihm abweiche; aber gerade in seinen Beobachtungen finde ich neue Belege für die von mir oben vorgetragenen Anschauungen.

Eine sehr eingehende Schilderung der Richtungsbläschenbildung bei *Limnaeus* hat nach Untersuchungen am lebenden Ei Robin gegeben (19). Er glaubt jedoch bei den Gastropoden zwei, ihrer Natur nach ganz verschiedene Bläschen zu finden. Nach Bildung des ersten Bläschens — das selbst wieder in zwei Abschnitten sich bilden soll und zwar, wie die Richtungsbläschen (globules polaires) nach Robin überhaupt, durch Sprossung von der Oberfläche des Dotters — entsteht das zweite, welches ganz andrer Natur sein soll, da es wirklich aus dem Dotter hervorgeschoben werde, was man daran erkenne, dass es bei seinem Hervortreten die den Dotter überziehende, zarte Membran abhebe. Letzterwähnte Beobachtung muss ich bestätigen; man sieht wirklich wie das zweite Richtungsbläschen eine zarte Membran auf eine kurze Strecke von der Dotteroberfläche abgehoben hat. Ich glaube mich jedoch mehrfach überzeugt zu haben, dass dies auch für das zuerst ausgetretene Richtungsbläschen der Fall ist, welchem nur diese zarte Membran gewöhnlich dicht aufliegt (Fig. 4 u. 7). Was aber diese Membran selbst anlangt, so kann ich in ihr nichts weiter sehen, als eine verdichtete Hautschicht des Dotters, die das austretende Keimbläschen nicht zu durchbohren vermag, sondern in die Höhe stülpt.

Ganz dieselbe Erscheinung zeigt sich nach Jhering's (109) Untersuchungen bei *Helix*. Seine Abbildungen (Taf. XVII. Figg. 2 u. 5) beweisen, obgleich er es nicht ausdrücklich bemerkt, dass nur das zweite Richtungsbläschen wie bei *Limnaeus* die Membran deutlich in die Höhe stülpt. Jhering erklärt diese Membran für eine sehr feine Dotterhaut, ich glaube jedoch, dass es sich auch hier nur um eine stark verdichtete Hautschicht handelt. Vielleicht findet sich bei *Modiolaria* (*Crenella*) etwas Aehnliches, da Lovén (l. c.) auch von einem conischen Fortsatz der Dotterhülle spricht, in welchem der ausgetriebene Richtungskörper eingebettet sein soll.

In Bezug auf die Kernneubildung in der ersten Furchungskugel von *Limnaeus* ist jedoch Robin (21) völlig im Irrthum, denn bei dieser und einer Reihe andrer Schneckengattungen sollen nach ihm die ersten Kerne zuerst in den 4 kleinen Furchungskugeln erscheinen, die diesen vorhergehenden jedoch kernlos sein.

In demselben Jahr, in welchem die Robin'schen Arbeiten erschienen, publicirte auch Lereboullet eine sehr ausgedehnte Abhandlung (23) über die Entwicklung von *Limnaeus stagnalis*, worin er sich sehr eingehend über die ersten Entwicklungsvorgänge ausspricht und auch ohne Zweifel mancherlei über die Kernbildung etc. beobachtet hat, ohne jedoch den Faden zu finden, welcher die verschiedenen, von ihm gesehenen Bilder zu einem richtigen Ganzen vereinigt hätte. Es ist sehr schwer die Anschauungen Lereboullet's in Kürze wiederzugeben, ich erlaube mir daher eine Anzahl Punkte seines eigenen Résumé's (l. c. p. 111 u. f.) wörtlich hier folgen zu lassen.

5. Le germe ou vitellus, au moment de la ponte, ne possède pas de membrane vitelline.

6. Il se compose alors d'éléments granuleux (granules plastiques) et de deux vésicules (vésicules cytoblastiques) plus ou moins remplies de granules fins et pâles.

7. Les vésicules cytoblastiques grossisent peu à peu et leurs granules se multiplient, puis ces vésicules disparaissent.

8. La disparition des vésicules cytoblastiques s'accompagne de l'apparition de vésicules particulières (vésicules plastiques) qui deviennent très nombreuses et se mêlent aux granules dans toute la masse du vitellus.

9. Bientôt après la production des vésicules plastiques, on trouve dans le germe quatre vésicules cytoblastiques.

10. Celles-ci disparaissent comme les précédentes, au bout de peu de temps.

11. La ségmentation en deux commence quatre heures environ après la ponte.

12. Elle est précédée de l'apparition en dehors du germe de l'une ou deux vésicules hyalines qui proviennent du germe lui-même.

13. Dès que la ligne de division est établie, les deux hémisphères se séparent et s'arrondissent en chevauchant l'un sur l'autre.

14. Chacun des deux sphères produites renferme un vésicule cytoblastique et des granules; il n'y a pas de vésicules plastiques.

18. Pendant leur rapprochement les sphères s'aplatissent par leurs surfaces en contact.

19. Les vésicules plastiques reparaissent pendant la durée de cette période de concentration.

20. Une demi-heure après leur réunion les sphères se séparent de nouveau.

21. Les vésicules cytoblastiques deviennent alors plus grosses, plus rapprochées de la surface et, dès lors, beaucoup plus apparentes.

22. Deux autres cytoblastes apparaissent à côté des précédentes. Ces cytoblastes deviennent de plus en plus gros, et leurs éléments granuleux se multiplient.

23. La présence de deux vésicules cytoblastiques et de nombreux vésicules plastiques dans chacune des deux sphères annonce la prochaine division du germe en quatre.

26. Les cytoblastes nouveaux paraissent se former au centre du germe par division d'un cytoblaste primitif. Ces nouvelles vésicules cytoblastiques se mêlent à la substance du germe pendant la période de concentration de ses sphères.

Die Bedeutung der beiden vésicules cytoblastiques (6 u. 7) oder centrales (p. 90), wie er sie auch nennt, die sich in dem frisch gelegten Dotter finden sollen, ist mir nicht klar, vielleicht sind sie doch das metamorphosirte Keimbläschen. Dagegen sind die 4 vésicules cytoblastiques (9), die sich bald nach dem Verschwinden der beiden erstgenannten entwickeln sollen, jedenfalls die sich neubildenden Kerne gewesen, deren spätere Vereinigung zu einem Kern nicht beobachtet wurde. Die Beobachtungen über die Zeit des Erscheinens der Richtungsbläschen, die als Eiweisstropfen bezeichnet werden (p. 92) oder auch schon im Dotter präexistirende Bläschen sein sollen, scheinen sehr unzureichend zu sein. Von dem eigentlichen Verhalten des Kernes während der Theilung wurde nichts beobachtet.

Welche Bewandtniss es mit den sogenannten vésicules plastiques hat, die wahrscheinlich aus den Cytoblasten hervorgehen sollen, vermag ich nicht anzugeben. Die Ansicht, dass die durch Theilung entstandnen Furchungskugeln sich später wieder völlig vereinigen sollen, brauche

ich nicht besonders zu widerlegen. Bevor die Theilung der ersten Furchungskugel stattfindet, soll die Trennungsebene sich schon als helle, durchschimmernde Linie markiren (Taf. 11. Fig. 6). Ich habe leider nur sehr wenig Beobachtungen an frischen Eiern angestellt, möchte aber dies Verhalten dennoch bezweifeln.

Wodurch Lereboullet zu der Ansicht veranlasst wurde, dass neben dem Kern der Furchungskugeln zweiter Generation sich später noch ein zweiter bilde, bleibt mir unklar. Nach den auf dieses oder spätere Stadien sich beziehenden Abbildungen zu urtheilen, scheint es mir das Wahrscheinlichste, dass er die hellen Centralhöfe an den Enden der spindelförmig modificirten Kerne für Cytoblasten genommen hat, wie dies ja auch von andern Beobachtern mehrfach geschehen ist.

Aus den Beobachtungen Lereboullet's, sowie aus denen Warneck's, geht hervor, dass auch bei *Limnaeus* die Kerne mit einfachem Nucleolus erst in verhältnissmässig späten Zeiten des Entwicklungslebens auftreten*).

E. Vorgänge bei einigen Räderthieren.

Taf. XIII. Fig. 14—17.

Wegen der Schwierigkeit, welche die Herbeischaffung geeigneten Materials bot, konnte ich bis jetzt nur wenige Räderthiere in den Kreis meiner Untersuchungen ziehen; dennoch genügten die wenigen Beobachtungen um zu constatiren, dass auch hier die Processe der Kerntheilung und der Furchung ganz in derselben Weise verlaufen, wie bei den seither beschriebenen Eiern.

Zur Untersuchung lagen mir vor die Sommereier von *Notommata* (*Asplanchna*) *Sieboldii*, einiger *Brachionus*-Arten und einer *Triarthra* (wahrscheinlich *Tr. platyptera* Ehrbg.).

An den Eiern aller dieser Thiere lässt sich constatiren, dass, wie auch schon früher bekannt, das Keimbläschen des reifen Eies den früher so grossen Keimfleck fast völlig verloren hat. Gleichzeitig ist das gesammte Keimbläschen viel kleiner geworden, als die Eikerne des Ovars, ja, das Volumen des früheren Keimflecks übertrifft z. B. bei *Triarthra* das des Keim-

*) Die beiden neuesten Beobachter der Embryologie von *Limnaeus*, Ray-Lankester (vergl. »Observations on the Development of the Pondsnail etc.« in Quarterl. journ. of microscop. science. n. s. T. XIV p. 365) und C. Rabl (»die Ontogenie der Süsswasserpulmonaten« in Jenaische Zeitschrift f. Medicin u. Naturwissenschaft. Bd. IX, p. 195), haben den ersten Entwicklungsvorgängen keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Ich erwähne hier nur die sehr eigenthümliche Ansicht Rabl's, der die Richtungsbläschen, als »durch Anpassung an die ungleiche Dotterfurchung erworbne Schutzorgane des Embryo,« auffassen zu dürfen glaubt. Man sieht, was die Anpassung mit gutem Willen nicht alles zu leisten im Stande ist. Ich kann um so mehr von einer eingehenderen Würdigung der Rabl'schen Meinung abstehen, als dessen wirkliche Beobachtungen hinsichtlich der Richtungsbläschen sehr oberflächlich sind.

bläschens wohl um das Doppelte. Im lebenden Zustand ist das Keimbläschen ganz hell und homogen, nach dem Absterben jedoch oder nach Behandlung mit 1 % Essigsäure treten darin einige dunkle Granulationen auf.

Noch vor der Ablage des Eies, oder bei *Notommata* vor der weiteren Entwicklung, verschwindet das Keimbläschen, ohne dass es mir jedoch bis jetzt geglückt wäre bei einem der Eier diesen Vorgang direct zu beobachten. Es blieb jedoch auch jede Bemühung ein Richtungskörperchen ausfindig zu machen vergeblich, wie es denn bis jetzt auch noch keinem Beobachter gelungen ist ein solches in den Eiern der Räderthiere zu sehen.

Dass auch das Keimbläschen der reifen Eier der Räderthiere verschwinde und nicht, wie Leydig (25) glaubte, direct in die beiden Kerne der ersten Furchungskugel übergehe, hat neuerdings Flemming für *Lacinularia socialis* wieder gezeigt (27), eine Beobachtung, welche jedoch von Huxley, dem englischen Monographisten dieses Thiers, schon 1852 gemacht wurde (26).

Bei *Triarthra* sah ich nach der Ablage des Eies die Neubildung eines Kernes in der kürzesten Zeit eintreten; es bildete sich nur ein excentrisch gelegener Kern, der zuerst als eine sehr kleine, helle Stelle erschien, rasch zu einem scharf begränzten, sehr hellen Bläschen heranwuchs, sodann plötzlich undeutlich wurde, worauf die Theilung begann. Es bildet sich also auch hier vor der ersten Theilung ein völlig deutlicher Kern, während Flemming bei *Lacinularia* nur eine matte helle Stelle im Centrum des Dotters gesehen haben will.

Bei *Brachionus* und *Notommata* liess sich nun die Metamorphose des Kerns zu der Kernspindel sicher stellen und es ist von Interesse, dass ich bei *Brachionus* die Entstehung der Kernspindel aus dem Kern ganz in derselben Weise beobachtet habe wie bei *Nephelis*.

An dem scharf begränzten, völlig hellen und runden Kern grosser Furchungskugeln von *Brachionus* sieht man nämlich, wenn die Theilung vor sich gehen soll, plötzlich an zwei sich gegenüberliegenden Stellen die Strahlensysteme im Dotter auftreten (Fig. 14) und nun bildet sich an jeder dieser Stellen eine concav nach dem Innern des Kernes einspringende Fläche. Diese Flächen rücken mehr und mehr auf einander zu, der sichtbare Kernrest wird also immer kleiner, bis sie schliesslich zusammentreffen und der Kern in dieser Weise scheinbar ganz verschwunden ist. Behandelt man jedoch, wenn diese scheinbare Zerstörung des Kernes sich noch nicht vollendet hat, das Ei mit Essigsäure, so bemerkt man, dass dieser Vorgang eben nur die von den beiden entgegenstehenden Stellen ausgehende Kernmetamorphose darstellt; die beiden Enden sind wie bei *Nephelis* schon völlig spindelförmig faserig modificirt und lassen sich im lebenden Zustand des Eies vom umgebenden Protoplasma nicht unterscheiden; je mehr diese

Umformung fortschreitet, desto mehr schwindet der scheinbare Kernrest, bis schliesslich der gesammte Kern in die Spindel übergeführt ist, von welcher sich bei *Brachionus* im lebenden Ei kaum etwas wahrnehmen lässt. Der Kern ist daher scheinbar verschwunden und dieses Verschwinden sieht zu gleicher Zeit einer von den genannten Punkten ausgehenden Auflösung sehr ähnlich. Die ausgebildete Kernspindel lässt bei *Brachionus* wieder ganz den schon geschilderten Bau erkennen, sie besitzt eine deutliche, aus dunklen Körnern gebildete Kernplatte (Fig. 15).

Die Theilung der Kernplatte und das Auseinanderrücken ihrer Hälften in die Enden der Spindel liess sich bei *Notommata* (Fig 16) feststellen. Bei *Brachionus* und *Notommata* bildet sich nur je ein neuer Kern in jeder Furchungskugel (Fig. 17). Die Abbildung Taf. III. Fig. 2 bei Flemming (27) macht es mir sehr wahrscheinlich, dass sich auch die sogenannte Zellplatte bei unseren Thieren finden wird, wenigstens lässt sich die in der Mitte zwischen den beiden neugebildeten Kernen befindliche, mit Karmin stark färbbare Partie wohl in dieser Weise deuten. In dieser Abbildung sind die jungen Kerne in die Centra der Centralhöfe der Strahlung gezeichnet, dies habe ich auch bei den Räderthieren nie gesehen, auch hier, wie bei *Nephelis* und den Nematoden, liegen die sich bildenden Kerne an dem dem Dottercentrum zugewendeten Rande der Centralhöfe.

F. Vorgänge im Pseudovum der Aphiden.

Taf. 15. Fig. 1—3.

Aus gewissen Gründen, auf die ich späterhin noch zu sprechen kommen werde, wendete ich mich auch zur Untersuchung der ersten Entwicklungserscheinungen der Aphiden*). Mecznikoff (28; p. 438) glaubte gefunden zu haben, dass der ursprüngliche Kern des Pseudovums durch einfache Theilung den Kernen des sich entwickelnden Blastoderms den Ursprung gäbe. Er hat übrigens selbst keinen Theilungszustand gesehen, sondern schliesst aus der allmäligen Vermehrung der Kerne und daraus, dass die beiden ersten Kerne zuweilen dicht bei einander liegen, auf ihre Entstehung durch Theilung.

Zunächst muss ich Mecznikoff bestätigend erwähnen, dass auch bei diesen Objecten die ursprünglich grossen Keimfleeke der Zellen des Keimfaches (Fig. 1) bei der Umbildung zu dem Pseudovum verschwinden. Behandelt man mit Essigsäure, so zeigen sich jedoch innerhalb der dunkelglänzenden Hülle des Kernes des Pseudovums immer noch eine Anzahl starkglänzender

*) *Aphis rosae* u. *hederae.*

Granulationen. Es findet also hier ganz die gleiche Veränderung innerhalb des Keimbläschens statt, wie bei den Rotatorien und wahrscheinlich noch vielen anderen Thieren.

Nach der Bildung des körnigen Binnendotters und nachdem das Keimbläschen eine sehr excentrische Lage eingenommen hat, trifft man jedoch immer auf Pseudova, die keine Spur eines Kernes mehr erkennen lassen, und es unterliegt keiner Frage, dass derselbe auch hier verschwindet. Es fragt sich nun aber: wird er ausgestossen, aufgelöst oder etwa nur zu einer schwer bemerkbaren Kernspindel metamorphosirt. Von einer Ausstossung habe ich keine Andeutung gesehen, auch nicht ausserhalb des Pseudovums etwas entdeckt, was sich einem Richtungskörperchen hätte vergleichen lassen. Das Auffinden einer Kernspindel ist jedoch der Kleinheit des Objects wegen kaum zu ermöglichen. Ich habe häufig geglaubt in den kernlosen Pseudovas etwas Derartiges vor Augen zu haben, konnte jedoch nicht zu einer sicheren Entscheidung hinsichtlich dieser Frage gelangen. Dagegen glückte es mir den Nachweis zu führen, dass die Blastodermkerne des Pseudovums wirklich durch die Theilung eines einzigen Kernes hervorgehen, für welchen es aber, wie oben bemerkt, fraglich bleiben muss, ob er mit dem ursprünglichen Keimbläschen identisch sei. Ich fand nämlich einmal ein Pseudovum mit zwei kleinen Kernen, die durch einen sehr deutlichen Strang zarter Fasern noch in Verbindung gehalten wurden (Figg. 1 u. 2). Es geht aus dieser, leider nur einmal, jedoch mit aller Sicherheit gemachten Beobachtung gleichzeitig hervor, dass auch hier der Modus der Kerntheilung der nämliche ist, wie der seither geschilderte und fernerhin noch genauer zu beschreibende. Bis zur Bildung der Blastodermzellen bewahren die Kerne alle noch die Beschaffenheit des reifen Keimbläschens; sie enthalten nämlich kein discretes Kernkörperchen, sondern nur einige dunkle Granula im Innern. Mehrfach sah ich ein sehr eigenthümliches Verhalten dieser Körperchen, sie waren nämlich sämmtlich durch einen geschlängelten, blossen Faden mit einander verbunden (Fig. 3).

II. Kapitel. Untersuchungen über die Zelltheilung.

Nachdem ich mich durch die Untersuchung der ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern von *Cucullanus* überzeugt hatte, dass hier während der Theilung höchst eigenthümliche, damals noch auf das Kernkörperchen bezogene Bildungen auftreten, war es meine nächste Bemühung, nachzuforschen, ob Derartiges sich auch bei andern Theilungsprozessen finde und ob diese Erscheinungen nicht etwa ausschliesslich den sich furchenden Eiern, denen man ja von manchen Seiten die Natur echter Zellen absprach, sondern auch unzweifelhaften Zellen zukäme.

Durch frühere Untersuchungen geleitet, glaubte ich in den Keimzellen der Spermatozoen der Insecten vielleicht günstiges Material zu Beobachtungen über Zelltheilung zu finden und hatte mich hierin auch nicht getäuscht. Als leicht zu beschaffendes Object wählte ich die kleine Schabe (*Blatta germanica*). Zur Schilderung der hierbei erhaltenen Resultate gehe ich daher zunächst über.

A. Theilung der grossen Keimzellen der Spermatozoën von *Blatta germanica*.

Taf. V.

Meine Untersuchungsmethode bestand darin, dass ich die Hoden präparirte und einen oder mehrere der Hodensäckchen entweder in der schon früher von mir empfohlenen Zusatzflüssigkeit (30; p. 402)*), oder in 1% Essigsäure, der zuweilen mit Vortheil einige Promille Kochsalz beigemischt waren, mit feinen Nadeln zerlegte und ihren Inhalt der Untersuchung unterwarf. Im ersten Fall bekommt man Bilder, die dem lebendigen, unveränderten Zustand gewiss fast völlig entsprechen, im zweiten Fall Gerinnungsbilder.

Zunächst fallen einem nun bei Eröffnung eines Hodenfollikels Protoplasmaklumpen der verschiedensten Grösse und Gestalt auf, die entsprechend ihrer Grösse eine sehr verschiedene Anzahl nahezu gleich grosser Kerne enthalten. Es sind dies wohl die vielkernigen Zellen, welche so vielfach aus den Hoden der verschiedensten Thiere beschrieben worden sind. Früherhin hatte ich (l. c. p. 409) die Bemerkung gemacht, dass ich »Zellen mit mehr als 3 und 4 Kernen für Kunstproducte erklären möchte, da sich das Protoplasma der Keimzellen der Samenfäden durch eine so grosse Empfindlichkeit auszeichne.« De Lavalette hat sich hiegegen schon ausgesprochen (31; p. 499), nur hatte ich, wie aus der oben citirten Stelle hervorgeht, nicht sämmtliche mehrkernigen Zellen für Kunstproducte erklärt. Ich muss jedoch jetzt noch weiter gehen und auch so kernreiche Protoplasmapartien wie Fig. 1 für ganz unveränderte, nichts künstliches bietende Bilder erklären. Die Erklärung derselben giebt sich jedoch ziemlich einfach. Der anfängliche Inhalt jedes der Fächer der Hodensäckchen ist

*) 1 Vol. Hühnereiweiss in 8 Vol. Wasser gelöst unter Zusatz von 1 Vol. 5% Kochsalzlösung. Lavalette hat sich von der Brauchbarkeit dieser Flüssigkeit überzeugt, die ich überhaupt sehr empfehlen kann, als leicht zu beschaffende, indifferente Zusatzflüssigkeit. Dieselbe bietet noch den Vortheil, dass sie sich unter Zusatz einiger Stücke Kampher lange Zeit hält und eigentlich nur dadurch allmälig unbrauchbar wird, dass das Albumin zum Theil als unlösliche Modification mit der Zeit niederfällt. Meyer hat (Arch. f. A. und Phys. 1874,) bei *Pyrochoris apterus* keine günstigen Resultate bei der Untersuchung des Hodeninhalts mittelst der von mir angegebenen Mischung erzielt. — Doch Eines schickt sich nicht für Alle; ein Vorzug derselben besteht gerade darin, dass sich das Mischungsverhältniss des colloiden und krystalloiden Körpers in derselben leicht ändern lässt.

ebenso, wie dies für die Keimstätte der Eier so vieler Thiere jetzt nachgewiesen ist (vergl. namentlich E. van Beneden, 13), ein viele Kerne einschliessendes Protoplasma, welches erst allmälig in einzelne Zellen zerfällt, wodurch die Erscheinung sich erklärt, dass man solche Protoplasmapartien in der verschiedensten Grösse und dieser entsprechend mit der verschiedensten Anzahl von Kernen findet. Der Zerfall selbst geht in einer Weise vor sich, die häufig lebhaft an die Rhachisbildung in den Keimstätten der Nematoden erinnert. Man trifft vielfach auf solche Protoplasmamassen, welche durch feine Verbindungsfäden noch in Zusammenhang stehen oder von welchen sich schon eine Anzahl einzelner Zellen abgeschnürt haben, die noch durch feine Stiele mit der gemeinsamen Muttermasse in Verbindung stehen. Auch vielkernige Zellen sieht man häufig durch zarte protoplasmatische Stränge noch im Zusammenhang. Schliesslich zerfällt jedoch die gemeinsame protoplasmatische Masse entsprechend ihrer Kernzahl mehr oder weniger vollständig in einzelne Zellen (Fig. 3 und 4), welche ich früherhin die grossen Keimzellen genannt habe.

Die Kerne der ursprünglichen Protoplasmamassen sowohl, als auch die unverändert in die grossen oder Ur-Keimzellen übergehenden sind nun von recht charakteristischem Bau. Im lebenden Zustand sind sie hell, stechen jedoch nur wenig von dem gleichfalls sehr homogen erscheinenden Protoplasma ab (Figg. 3, 4). Die Lage des Kerns in den Keimzellen ist gewöhnlich etwas excentrisch. Innerhalb desselben bemerkt man auch im lebenden Zustand matte Zeichnungen und dicht an dem Rand wenigstens sehr häufig ein längliches, sehr dunkles Körperchen, das jedoch keineswegs den Eindruck eines Kernkörperchens macht und nach Behandlung mit Essigsäure nicht mehr nachweisbar ist. Das sonst sehr gleichmässige und fein granulirte, den Kern einschliessende Protoplasma enthält doch in der nächsten Umgebung der Kerne Anhäufungen feiner dunkler Körnchen. Dieselben beschreiben gewissermassen eine Zone um den Kern, die jedoch stets nur die eine Hälfte desselben umgreift und bei excentrisch liegenden Kernen regelmässig dem Innern der Zelle zugewendet ist. Die Behandlung mit Essigsäure lässt an diesen Kernen noch eine ganze Reihe eigenthümlicher Structurverhältnisse hervortreten, die im lebenden Zustand nur in Andeutungen sichtbar wurden.

Ich bespreche zuerst ein Structurverhältniss derselben, das nicht immer, jedoch recht häufig mit grosser Deutlichkeit zur Anschauung kommt. Eine dunkle Kernhülle wird nach Essigsäurebehandlung deutlich; im Innern derselben sieht man nicht etwa einen einheitlichen Kernkörper, sondern zahlreiche dunkle Granulationen, die bei genauerem Zusehen erkennen lassen, dass sie unter einander durch Fasern zusammenhängen, denen sie gewissermassen aufgereiht sind. Manchmal ist der gesammte Kern von solchen Fasern und Granulationen un-

regelmässig erfüllt, häufig jedoch haben dieselben eine recht regelmässige Anordnung, indem sämmtliche Fasern wie ein Busch gemeinsam von einer Stelle der Kernhülle entspringen (Figg. 5, 6 und 7). Zuweilen sind die Granulationen zu einem körnigen, das Centrum des Kernes einnehmenden Haufen verschmolzen (Fig. 5), jedoch sah ich diesen Fall nicht sehr häufig. Interessant ist nun, dass die Stelle, wo dieser Busch von Kernfasern sich der Kernhülle anheftet, stets die von der körnigen Protoplasmazone umgebene Randpartie des Kernes darstellt.

Ein zweites eigenthümliches Verhalten besteht fernerhin darin, dass in den vielkernigen Protoplasmapartien meist sämmtliche Kerne so geordnet sind, dass alle die Anheftungsstellen der Kernfasern an die Hülle mehr oder weniger einander zugewandt sind (s. die Fig. 2).

Die erwähnten grossen oder Urkeimzellen erfahren nun eine Theilung, welche es in so ziemlich allen ihren Stadien zu verfolgen gelang. Zuvor muss ich jedoch bemerken, dass sich in denselben noch nichts von dem eigenthümlichen sogenannten Beikern findet, der nach Meznikoff's und meinen Untersuchungen, die neuerdings von de Lavalette (31) völlig bestätigt worden sind, einen so wesentlichen Antheil an dem Aufbau des Samenfadens nimmt. Dieser Körper tritt erst in den eigentlichen Entwicklungszellen der Spermatozoën (von mir früher kleine Keimzellen genannt) auf. Leider habe ich über seine Entstehung nichts finden können, wodurch doch erst Aufschluss über seine eigentliche Natur gegeben würde.

Die Vorbereitungen zur Theilung der Urkeimzellen bestehen nun zunächst in einer eigenthümlichen Umformung des Kernes. Die zahlreichen Granulationen desselben werden nämlich zu einigen wenigen, jedoch grösseren und unregelmässig durch den Kern zerstreuten reducirt (Figg. 8 und 9), während gleichzeitig die sonst so deutliche Kernhülle undeutlicher wird. Dieser Zustand des Kernes geht ohne Zweifel der Metamorphose zu der uns bekannten Kernspindel voraus, die wir nun als nächstes Stadium der Theilung antreffen. Untersuchen wir solche Zustände in den lebenden Zellen, so finden wir einen etwas länger gestreckten, ovalen, jedoch recht deutlich umschriebenen Kern, an dem sich eine recht kenntliche, blasse Längsstreifung wahrnehmen lässt (Figg. 10 und 11). Zuweilen bemerkt man auch schon am lebenden Kern, dass die einzelnen Streifen oder Fasern in der Aequatorialzone etwas dicker und dunkler sind. Bemerkenswerth erscheint ferner noch, dass die früher erwähnte Körnerzone des umgebenden Protoplasmas jetzt in zwei Hälften zerfallen ist, von welchen je eine die Enden des länglichen Kernes umhüllt. Derartige Zustände zeigen mit Essigsäure behandelt die Kernspindel auf das allerdeutlichste (Fig. 12). In der Aequatorialzone findet sich eine aus dunklen Stäbchen gebildete, deutliche Kernplatte, die nach den Enden der Spindel hin in feine Fasern ausläuft. Die in Fig. 12 angedeuteten, knopfartigen Enden dieser Stäbchen der Kernplatte stehen wahr-

scheinlich schon im Zusammenhang mit der bald erfolgenden Theilung derselben zu zweien. Vergleicht man den Umfang der in Essigsäurepräparaten zur Ansicht kommenden Spindeln mit dem der im lebenden Zustand sichtbaren, so geht daraus jedenfalls hervor, dass die Einwirkung des Reagenzes eine sehr beträchtliche Schrumpfung hervorgerufen hat und dass auch die scharfe Zuspitzung der Spindelenden, wie man sie in solchen Präparaten zu sehen bekommt, hauptsächlich der Einwirkung der Zusatzflüssigkeit zuzuschreiben ist. Früherhin habe ich nicht so auf diesen Punkt geachtet und kam dadurch in meiner vorläufigen Mittheilung (79) zu dem Ausspruche, dass der Kern bei seiner Metamorphose seinen Saft fast völlig verliere, was jedenfalls nicht in dem Maasse der Fall ist, wie ich dies früher annahm.

Der nächste Fortschritt in der Theilung ist also auch hier wieder der Zerfall der Kernplatte in zwei Hälften (Fig. 13) und deren allmäliges Auseinanderrücken, bis sie schliesslich in den Enden der Kernspindel angelangt sind. Hierbei zeigt sich nun die bei den vegetabilischen Zellen gewöhnliche Erscheinung, dass die früher getrennten Elemente der Kernplatte zu einem gemeinsamen, dunkeln und homogenen Körper verschmelzen, dessen Sitz also die Spindelenden sind (Figg. 14, 15). Mittlerweile hat denn auch die Theilung der Zelle selbst begonnen, indem dieselbe, nachdem sie sich vorher in demselben Sinne wie der Kern längsgestreckt hatte, sich nun in dem Aequator, senkrecht zur Axe des Kernes, einzuschnüren beginnt. Nicht sehr deutlich, jedoch unzweifelhaft lässt sich nun auch hier die strahlige Anordnung des Protoplasma's um die Kernenden wahrnehmen (Fig. 14), dagegen ist von dem hellen Centralhof der Strahlung nur wenig zu sehen (Fig. 15?) Im weiteren Verlauf der Theilung verliert sich jedoch demnächst die spindelförmige Gestalt des Kernes; die Fasern, welche die beiden dunkeln, homogenen Körper der Kernenden verbinden, drängen sich mehr und mehr um die Axe zusammen (Fig. 15), so dass sie schliesslich ein einfaches paralleles Band bilden und nun gehen durch eine Art Differenzirung aus den homogenen, dunklen Kernplattenkörpern die neuen Tochterkerne hervor (Fig. 16). Diese Differenzirung muss mit höchster Wahrscheinlichkeit so aufgefasst werden, dass sich eine äussere Schicht des homogenen, dunklen Körpers von der Innenpartie, indem sich Flüssigkeit zwischen beiden ansammelt, abhebt, wodurch die Anlage eines rudimentären Kernes gegeben ist. Die abgehobene Schicht bildet die Hülle, die Innenmasse den Inhalt, den man in seiner Gesammtheit als Kernkörper bezeichnen kann. Sobald sich die ersten Zeichen dieser Differenzirung bemerken lassen, ist auch die Theilung des Zellprotoplasmas vollendet; dennoch lassen sich die Kernfasern zwischen beiden Tochterkernen noch verfolgen. Je mehr nun durch Ansammlung von Flüssigkeit die Tochterkerne anwachsen (Fig. 17, 18, 19, 20 und 26), desto mehr wird der sie noch verbindende Faserstrang

reducirt; seine Mittelregion wird dünner und dünner und zu gleicher Zeit erfährt auch die Zahl der Fasern allmälig eine Reduction, bis sich schliesslich die wenigen noch deutlichen Fasern in einem Punkt, der genau in der Trennungsebne der Zellen liegt, kreuzen. Mehrfach sah ich sehr deutlich, dass junge Zellen mit in der Bildung begriffenen Tochterkernen um ein nicht unbeträchtliches Stück von einander abgerückt waren und nur durch den die beiden Kerne verbindenden Faserstrang noch zusammen gehalten wurden (Fig. 18); auch traf ich mehrfach auf Zustände, bei welchen sich die Fasern mit Deutlichkeit bis zu den Kernkörpern der jungen Kerne verfolgen liessen. Der ursprünglich einfache Binnenkörper der jungen Kerne zerfällt nämlich allmälig in eine Anzahl Stücke.

Die Theilung ist vollendet, wenn die jungen Kerne ihre definitive Grösse erreicht haben und der letzte Rest der sie verbindenden Fasern geschwunden ist. Nach allem, was ich von den späteren Stadien der Theilung gesehen habe, muss ich an der Meinung festhalten, dass die letzten Reste der Kernfasern schliesslich in die jungen Kerne aufgenommen werden. Eine nähere Begründung wird diese Ansicht späterhin durch die Schilderung der Theilungsvorgänge der sogenannten Infusoriennucleoli erfahren. Eine Bildung, welche sich der Zellplatte vergleichen liesse, habe ich bei diesen Objecten nie gesehen.

Die Theilung tritt nun aber nicht nur in einfachen Urkeimzellen ein, sondern auch zweikernige Protoplasmamassen sah ich schon Theilungsprocesse eingehen und zwar in verschiedener Weise. Entweder geht dieselbe in einer ganz regelrechten Weise vor sich, indem sich beide Kerne zu gleicher Zeit theilen und schliesslich eine Trennung in zwei zweikernige Zellen stattfindet (Fig. 24), oder aber es schnürt sich um je einen neuen Tochterkern eine Zelle ab, während eine grössere Zelle mit zwei Kernen auf der andern Seite restirt (Fig. 25).

Auch drei in der Theilung begriffene Kerne sah ich in gemeinsamer Protoplasmamasse eingebettet, konnte jedoch nicht enträthseln, wie das Protoplasma sich zu dieser dreifachen Kerntheilung späterhin gruppiren würde. Es scheint aber, als wenn aus dieser gleichzeitigen Theilung mehrerer Kerne einer Protoplasmapartie wohl der Schluss gezogen werden dürfte, dass hier auch eine gemeinsame Ursache die Theilung hervorrufe, welche Ursache also nur in dem sie gemeinsam umgebenden Protoplasma gesucht werden dürfte. Dabei bliebe es natürlich nicht ausgeschlossen, dass bei sehr ausgedehnten, viele Kerne einschliessenden Protoplasmamassen auch locale Veränderungen im Protoplasma nur die Theilung einzelner Kerne hervorrufen könnten. Dass nämlich auch in den vielkernigen Protoplasmapartien, die den Urkeimzellen nach der früheren Schilderung den Ursprung geben, Kernvermehrung in ähnlicher Weise sich finde,

glaube ich daraus schliessen zu dürfen, dass ich einmal zwei Kerne einer solchen Masse durch einen sehr deutlichen Faserstrang noch in Zusammenhang sah.

Aus der vorstehenden Schilderung der Theilungsvorgänge an den Keimzellen der Spermatozoën eines Insects dürfte hervorgehen, dass diese Objecte für derartige Untersuchungen recht geeignet sind und bestimmt sein mögen, noch mehr Aufschlüsse über diese fundamentalen Erscheinungen zu geben.

B. Die Theilung der embryonalen Blutkörperchen des Hühnchens.

Taf. VI. Fig. 23—29.

Ihrer Kleinheit wegen sind die embryonalen Blutkörperchen dieses Thieres kein sehr günstiges Object zur Ergründung der hier stattfindenden Theilungsvorgänge. Immerhin gelang es ohne Schwierigkeit festzustellen, dass der jetzt schon vielfach besprochene Modus der Kerntheilung sich auch hier in völliger Reinheit wiederfinde. Leider functionirte die mir zu Gebot stehende Brütmaschine nicht in gewünschter Weise, so dass ich nur wenige gute Embryonen erziehen konnte. *) Meine Beobachtungen beschränken sich daher bei diesem Object im Wesentlichen auf eine Bestätigung des uns aus früheren Schilderungen näher bekannten Theilungsvorgangs. Die Untersuchung des embryonalen Blutes geschah am 4. oder 5. Tag und nach Verdünnung desselben mit 1 % Essigsäure. Es zeigten sich denn auch hier wieder eine Anzahl Zellen mit ausgebildeter Kernspindel und sehr deutlicher Kernplatte, die theils aus deutlichen Stäbchen (Fig. 23) bestand, theils jedoch sich auch als wirkliche, zusammenhängende Platte repräsentirte (Fig. 24). Die Fasern waren theilweise recht deutlich, manchmal jedoch auch nur schlecht zu unterscheiden. Die Spindel erschien hier so gross, dass man an eine Volumvermehrung des ursprünglichen Kernes denken muss; ich habe jedoch, da ich zu sehr mit der Aufsuchung von Theilungszuständen beschäftigt war, ein genaueres Studium des normalen Kernes unterlassen. Fig. 25 führt uns das Stadium mit getheilter Kernplatte vor, deren beide Hälften im Begriffe stehen aus einander zu rücken. Fig. 26 ein solches, wo die Kernplatten schon in den Enden des Kernes angekommen sind; die verbindenden Kernfasern waren hier sehr deutlich und im Aequator zeigte sich auch eine schwache Verdickung, die wohl als eine wenig ausgebildete Zellenplatte in Anspruch genommen werden darf.

Fig. 27 zeigt ein häufig gesehenes Stadium; die beiden Kernplatten haben sich zu dunkeln, glänzenden Körpern concentrirt und der sie verbindende Faserstrang hat sich schon sehr reducirt

*) Für die freundliche Ueberlassung der Brütmaschine zu diesen Versuchen sage ich Herrn Prof. Lucae meinen verbindlichsten Dank.

und in der Mittelregion etwas eingeschnürt. In Fig. 28 zeigt sich schon die Differenzirung der Tochterkerne aus den homogenen Kernplatten des Stadiums Fig. 27 in der gleichen Weise, wie wir das bei *Blatta* sahen, und der verbindende Kernstrang ist noch mehr reducirt, sowie in seiner Mitte schon fast völlig durchgeschnürt. Die Theilung des Zellprotoplasmas ist etwa zur Hälfte vollzogen. In Fig. 29 erblicken wir schliesslich ein sehr häufiges Stadium; die Kernfasern sind völlig geschwunden, die jungen Kerne jedoch noch nicht völlig ausgebildet; dagegen ist die Theilung des Protoplasma's fast vollendet. Bei der Behandlung mit Essigsäure hebt sich eine Hautschicht ab, welche die beiden fast völlig getrennten Zellen noch zusammenhält, deren inneres Protoplasma sich in die entgegengesetzten Enden dieser Hautschicht, schon völlig getrennt, zusammenzieht.

Die Lehre von der Theilung der embryonalen rothen Blutkörperchen der Wirbelthiere wurde bekanntlich von Remak durch Untersuchungen, die gleichfalls hauptsächlich am Hühnchen angestellt wurden, begründet (32). Remak fand vielfach Blutkörperchen mit mehreren Kernen und wollte sich ferner von der einfachen Theilung des Kernes durch Einschnürung, nach vorhergehender Verdoppelung des Kernkörperchens, überzeugt haben. Die Zelltheilung selbst sollte dann nach der Verdoppelung und dem Auseinanderrücken der Kerne durch Ein- und Durchschnürung des Zellenleibes zwischen diesen beiden erfolgen. Wie schon oben hervorgehoben wurde, sind meine Untersuchungen über die hier vorliegenden Verhältnisse bei weitem nicht so vollständig und ausreichend, dass ich alle die von Remak abgebildeten Zustände nach ihrer Herkunft und Bedeutung zu erklären vermöchte. Das jedoch geht aus meinen Beobachtungen mit Sicherheit hervor, dass Remak den Vorgang der Kernvermehrung nicht erkannt hat, was sich um so mehr daraus ergibt, dass er einige wirkliche Theilungsbilder (s. Fig. 6y und z), die etwa meinen Figg. 26 und 27 entsprechen, wiedergibt. Er hat hier die in die Enden des Kernes gerückten Kernplatten und die sich neu bildenden Kerne gesehen, jedoch für verschrumpfte Kerne erklärt.

Die gewöhnlichen von Remak gesehenen und abgebildeten Theilungszustände entsprechen meiner Fig. 28, wo die neugebildeten Tochterkerne schon sehr herangewachsen, jedoch die Zellen noch nicht völlig getheilt sind.

Fraglich muss ich es jedoch vorerst lassen, welche Deutung die vielkernigen Körperchen Remak's erhalten sollen und wie sich die eingeschnürten Kerne erklären, auf die Remak seine Ansicht von der Kernvermehrung stützte. Sind dies nur Trugbilder gewesen, da ja unregelmässig gestaltete, gelappte Kerne etc. nicht so selten vorkommen, oder liegen hier ähnliche Verhältnisse vor, wie sie bei den weissen Blutkörperchen vorkommen? Diese Fragen werden

sich wohl durch ein specielles Studium des Objectes unschwer lösen lassen, für mich lag der Schwerpunkt nur in der Feststellung des Modus der Kerntheilung, der sich denn auch ganz als derselbe wie bei den früher beschriebenen Objecten herausgestellt hat.

C. Bemerkungen über die Kerne und die Theilung der weissen Blutkörperchen von *Rana esculenta* und *Triton taeniatus*, sowie über die rothen Blutkörperchen derselben Thiere.

Taf. VI. Fig. 1—22.

In meiner vorläufigen Mittheilung erlaubte ich mir die Bemerkung: dass die von mir nachgewiesene Kernverschmelzung in der Furchungskugel erster Generation verschiedener Thiere vielleicht eine weiter verbreitete Erscheinung sei, indem die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen sei, dass manche der seither von den Histiologen beschriebenen, mehrkernigen Zellen solche Zustände darstellten, welche durch eine Kernverschmelzung späterhin zur Einkernigkeit gelangten. Speciell erinnerte ich hierbei an die vielfach beobachteten mehrkernigen Zellen des Hodeninhalts und an die weissen Blutkörperchen. Dass für die ersteren meine Vermuthung nicht zutrifft, glaube ich eben ausreichend bewiesen zu haben. Ein zweiter Grund lag jedoch noch vor, um gerade die weissen Blutkörperchen einer Inspection zu unterziehen. Gerade diese Objecte hatten nämlich hauptsächlich dazu beigetragen, die Lehre von den durch Einschnürung sich theilenden Kernen zu begründen. Hatte sich doch Auerbach noch neuerdings nach eigenen Untersuchungen der weissen Blutkörperchen für diese Ansicht ausgesprochen (17). Sollten nun wirklich zwei so verschiedene Modi der Kerntheilung existiren: der eine mittels der eigenthümlichen Metamorphose des Kernes, bei Thieren und Pflanzen allgemein verbreitet, der zweite eine einfache Theilung oder Durchschnürung des völlig unveränderten Kernes? Eines der hierhergehörigen Objecte näher zu studiren wurde mir daher zur Pflicht.

1. Weisse Blutkörperchen.

Die Untersuchung geschah auch hier wiederum in 1% Essigsäure. Die grosse Mehrzahl der weissen Blutkörperchen*) der beiden Untersuchungsthiere ist mehrkernig. Bei *R. esculenta* fand ich als höchste Zahl der Kerne 5 (Fig. 4), bei *Triton* bis 7 Kerne (Fig. 5). Die in Mehrzahl in der Zelle enthaltenen Kernchen sind stets die kleinsten, jedoch lässt sich nicht etwa die Regel aufstellen, dass die Grösse der Kerne mit ihrer Zahl in umgekehrtem Verhältniss

*) Das von Lieberkühn entdeckte Vorkommen contractiler Vacuolen in den weissen Blutkörperchen unserer Thiere (vergl. z. B. »Ueber Bewegungserscheinungen der Zellen« p. 357) vermag auch ich zu bestätigen.

stünde. Manchmal finden sich Körperchen, die nur zwei Kernchen von sehr geringer Grösse enthalten. Dagegen ist die Regel wohl durchführbar, dass in grösserer Zahl vorhandene Kerne stets von geringer Grösse sind; doch lässt sich diese Regelmässigkeit ebenso wohl mit der Ansicht, dass die in Mehrzahl vorhandenen Kerne durch fortgesetzte Theilung der grossen, als auch mit der entgegengesetzten, dass die grossen durch die Verschmelzung der kleinen entstünden, vereinigen.

Die kleinen Kernchen besitzen denselben Bau wie die grösseren; ihre Hülle ist sehr deutlich, dunkel und glänzend und in ihrem Innern finden sich ein oder zwei Binnenkörperchen von ebenso dunklem Aussehen wie die Hülle, jedoch von sehr verschwommenen Umrissen. Häufig sind sie faserig ausgezogen, so dass man bald auf den Gedanken kommt, dass es sich hier gar nicht um ein frei im Innern liegendes scharf umschriebenes Kernkörperchen handle, sondern dass dasselbe durch faserige Ausläufer mit der Hülle in Verbindung stehe, woher sich denn auch das unregelmässige Aussehen schreibe. Zuweilen mögen auch diese Kernkörperchen nur als locale Verdickungen der Hülle selbst aufzufassen sein. Unter Umständen finden sich auch einzelne Kernchen, die gar kein Kernkörperchen oder doch nur undeutliche Spuren eines solchen enthalten.

Eine eigenthümliche Erscheinung ist es fernerhin, dass, wenn auch nicht immer, so doch sehr gewöhnlich die in Mehrzahl vorhandenen Kernchen zu einem Häufchen dicht zusammengelagert sind, das excentrisch, nahe am Rande des Körperchens seine Lage findet. Damit scheint auch noch ein anderes Verhalten in Zusammenhang zu stehen; von den mit 1% A. behandelten Körperchen hebt sich nämlich durch Diffussion stets eine Hautschicht ab, so dass das Körperchen kugelförmig aufgebläht erscheint (Figg. 4, 5). Diese Abhebung erfolgt jedoch nicht an der dem Kernhäufchen benachbarten Stelle, so dass also letzteres, umschlossen von dem Protoplasma, der Hautschicht an einer Stelle innerlich anzukleben scheint.

Die grösseren Kerne erreichen etwa das Volumen der Kerne der rothen Blutkörperchen (Figg. 8, 12, 13, 14). Ihr Bau entspricht, wie erwähnt, ganz dem der kleinen, nur ist die Zahl ihrer Kernkörperchen im Allgemeinen vermehrt. Es lässt sich jedoch auch bei ihnen die Bezeichnung Kernkörperchen nicht recht anwenden, indem wir es, wie sich bei den grösseren Kernen noch besser sehen lässt, in den meisten Fällen gar nicht mit scharf umschriebenen Körperchen zu thun haben, sondern mit sehr unregelmässig gestalteten, fadenartigen und knotig verdickten Bildungen, die mit der Hülle in directer Verbindung stehen. Sonderbar sind z. B. auch solche Formen wie Fig. 14, wo dunkler und schärfer umschriebene Körperchen durch zwischen ihnen verlaufende Fasern in Verbindung stehen.

Die Gestalten, welche uns nun die grösseren Kerne bieten, sind höchst unregelmässig: längliche, eckige, rundliche, bisquitförmige, regelmässiger und unregelmässiger gelappte und eingebuchtete finden sich in wechselnder Mannigfaltigkeit.

Es gelang mir nun keineswegs, durch directe Betrachtung solcher Formen (Figg. 8—11) die Frage zu entscheiden, ob hier blosse Unregelmässigkeiten, ob Theilung und Sprossung oder Verschmelzung vorliege. Doch lässt sich dieser Frage vielleicht auf indirectem Wege näher kommen, nämlich durch sicheren Nachweis eines Theilungsprocesses der Kerne, der sich in andrer Weise vollzieht und daher das Stattfinden einer solchen Kernsprossung unwahrscheinlich macht.

Bei *Triton* und auch einmal, jedoch weniger deutlich beim Frosch, stiess ich auf Körperchen, deren Kerne spindelförmig längsgestreckt und von wenigen Längsfasern durchzogen waren (Fig. 19). Ob diese Formen sich mit Recht den durch Kernmetamorphose hervorgegangnen Kernspindeln an die Seite stellen lassen, scheint mir wegen der fehlenden Kernplatte und der starken Hülle zweifelhaft. Andrerseits habe ich jedoch beim Frosch ziemlich häufig Zustände gesehen, die ich nur als wirkliche Theilungsformen weisser Blutkörperchen betrachten kann und zwar waren dies in Theilung begriffene mehrkernige Körperchen. Einerseits fanden sich nämlich Körperchen, deren dicht zusammenliegende Kerne sämmtlich in einer Richtung sehr langgestreckt waren (Fig. 17), dann jedoch auch schon in der Mitte tief eingeschnürte weisse Blutzellen; hier waren die Kerne noch viel länger gestreckt, ihre Enden angeschwollen und je eine Hälfte lag in der einen, die andere in der andern Partie des schon nahezu halbirten Körperchens (Fig. 18). Die ausgezogenen Kernmitten waren schon sehr verdünnt. Die Deutung dieser Zustände als Theilungen wird dadurch bedeutend befestigt, dass sich daneben auch solche Körperchen fanden, die sich ungezwungen, als durch völlige Durchschnürung der ersteren entstanden, erklären lassen (Fig. 20).

Auf etwas andere Bilder, die sich jedoch gleichfalls nur als Kerntheilungszustände auffassen lassen, stiess ich beim *Triton*. Hier fanden sich weisse Körperchen mit weit aus einander liegenden Kernen, deren Hülle jedoch in einen dunklen Faden auslief, mittelst welchen je zwei Kerne unter einander zusammenhingen. In dem einen dieser Fälle (Fig. 21) schien auch das Körperchen selbst in Theilung zu sein, im zweiten jedoch (Fig. 22) zeigte sich keine Andeutung von Theilung am Körperchen selbst.

Diese beiden Beobachtungen über Kerntheilung der weissen Blutkörperchen sind als principiell übereinstimmend aufzufassen; in beiden Fällen handelt es sich um eine einfache Längsstreckung der Kerne, allmälige Anschwellung ihrer Enden, während gleichzeitig das

Verbindungsstück derselben mehr und mehr, schliesslich zu einem feinen Faden ausgezogen wird, durch dessen muthmassliches Durchreissen und Aufgenommenwerden von den beiden neuen Kernen die Theilung sich vollendet.

Auf die schon vielfach besprochene Art der Kerntheilung lässt sich dieser Modus jedoch nur mit grossen Modificationen zurückführen. Dass jedoch derartige Modificationen existiren, zeigt die Kerntheilung der Knorpelzellen und die späterhin ausführlicher zu besprechende Theilung des Infusorien-Nucleus. Immerhin dürfte eine eindringlichere Untersuchung des hier besprochenen Objectes doch vielleicht noch Thatsachen ans Licht fördern, welche den Anschluss dieses Modus der Kerntheilung an den seither erörterten vervollständigten.

2. Einige Bemerkungen über die rothen Blutkörperchen des Frosches und Tritons.

Untersucht man die rothen Blutkörperchen der genannten Thiere mit 1 % Essigsäure, so überzeugt man sich, dass die Bauweise ihrer Kerne auf das lebhafteste an die der grösseren Kerne der weissen Körpercheu erinnert. Wir finden nämlich auch hier keineswegs, wie z. B. von Auerbach (17) beschrieben wurde, discrete Kernkörperchen, sondern Fasern, die an manchen Stellen knotig verdickt sind, durchziehen den Kern und setzen sich mit dessen dunkler Hülle in Verbindung. Diese Faserbildungen sind bald regelmässiger, bald unregelmässiger durch den Kern vertheilt und ziehen bald mehr in seiner Längs- bald mehr nach der Quer-Richtung. Auch die dunkle Hülle ist mehrfach knotig angeschwollen, so dass sie häufig das Bild einer Perlenschnur bietet, eine Erscheinung, die sich bei vielen Kernen andrer Objecte noch findet. Von hohem Interesse ist jedoch fernerhin ein heller Hof, der sich stets als Umrandung des Kernes findet (Fig. 2) und der gegen die Masse des Blutkörperchens selbst durch eine zarte dunkle Linie begrenzt wird. Nicht selten hat man Gelegenheit in derartigen Präparaten auch isolirte Kerne zu studiren, die einmal die oben geschilderte innere Structur am besten zeigen und dann jedoch auch äusserlich den hellen Hof mit der ihn umschliessenden zarten Hülle deutlich wahrnehmen lassen (Fig. 1). Bei der Kleinheit derartiger Objecte ist es schwer sich darüber Rechenschaft zu geben, ob in dem hellen Hof sammt seiner dunklen Umgrenzung ein wirkliches Structurverhältniss und nicht nur ein durch Beugung erzeugtes, optisches Phänomen vorliege. Nach häufig wiederholter Untersuchung derartiger Bilder kam ich jedoch zu dem Schluss, dass es sich hier wirklich um eine besondere, zarte Hülle handle, die das seither allein als Kern angesprochene Gebilde umschliesst. Aehnliche Bauverhältnisse andrer Kerne und ihre Bedeutung werde ich späterhin bei andrer Gelegenheit noch zu besprechen haben.

Heitzmann (33; 1. p. 106) hat vor kurzer Zeit eine sehr ähnliche Schilderung von dem Bau der Kerne der rothen Blutkörperchen des *Triton* entworfen.

Bei der erwähnten Behandlungsweise mit 1% Essigsäure erscheint die eigentliche Masse der rothen Blutkörperchen nur sehr schwach granulirt (Fig. 2), am meisten noch in dem centralen Theil; behandelt man jedoch mit einer Lösung, die 2% A u. 2% Na Cl_2 enthält, so erscheint die gesammte Masse des Körperchens durchaus und dicht granulirt und häufig zeigen sich die dunkelglänzenden Granulationen in der exquisitesten radiären Anordnung um den Kern, wie dies ja auch schon früher von verschiedenen Seiten beschrieben worden ist (Fig. 3). Der Kern schrumpft bei dieser Behandlungsweise sehr, erlangt ein glänzendes Aussehen und lässt von den früher geschilderten Structurverhältnissen wenig mehr sehen.

Auffallend war mir, dass ich in den rothen Blutkörperchen des Frosches (Januar) nicht gar selten einen eigenthümlichen Körper neben dem Kern antraf (Fig. 2 u. 3). Derselbe lag immer dem einen Brennpunkt des elliptischen Körperchens nahe, war stets langgestreckt, bohnen- bis lang-spindelförmig und aus protoplasmatischer, schwach granulirter Masse gebildet. Ebensowenig, wie ich über diesen eigenthümlichen Körper, der sich vielleicht auf ca. 200 Körperchen einmal wahrnehmen liess, etwas in der Literatur auffinden kann, ebensowenig wüsste ich ein Urtheil über seine Bedeutung zu fällen.

D. Bemerkungen über die Theilung der Blastodermzellen der Insecten.

Taf. VI. Fig. 30 u. 31.

Ich hätte die wenigen Beobachtungen, welche mir bis jetzt über die Theilung der Blastodermzellen der Insecten zu Gebote stehen, auch im Kapitel über die Furchung bringen können, da mancher vielleicht diesen Theilungsprocess den Vorgängen der wahren Furchung näher anschliessen möchte. Doch dürften wir hier mit demselben Recht auch die Elemente des Blastoderm's als ächte, den die Gewebe constituirenden an die Seite zu setzende Zellen in Anspruch nehmen.

Meine Beobachtuugen beschränken sich auf die Constatirung des Vorhandenseins der Metamorphose des Kerns zu der gestreiften Spindel bei *Musca vomitoria* und einem Schmetterling. Bei letzterem liess sich die äquatoriale, aus dunkeln Körnchen bestehende Kernplatte mit Sicherheit nachweisen. Bei *Musca* zeigten die Fasern der Kernspindel unregelmässiger vertheilte, locale Verdickungen, jedoch sah ich eine scharf ausgeprägte Kernplatte nicht (Fig. 31). Hingegen liess sich hier die Strahlung des Protoplasmas um die Spindelenden mit grosser Deutlichkeit wahrnehmen.

Eine vortreffliche Schilderung der Kern- und Zellentheilung des Blastoderms des Spinneneies hat vor einiger Zeit Balbiani gegeben (29). Seine Schilderung bezieht sich zwar nur auf die am lebenden Ei zu constatirenden Vorgänge, daher hat er auch nichts von Bau und Structur der Kernspindel gesehen und das allmälige Hervorwachsen der Tochterkerne aus den Enden der Kernspindel nicht bemerkt. Seine Abbildungen liefern uns genaue Seitenstücke zu den Erscheinungen, wie sie sich am lebenden Nematodenei constatiren lassen, so dass die völlige Uebereinstimmung in beiden Fällen nicht fraglich erscheinen kann.

Die von früheren Bearbeitern der Arthropoden-Embryologie vielfach erwähnte Vermehrung der Kerne durch einfache Theilung mittels Einschnürung, nach vorhergehender Verdopplung des Kernkörperchens, darf daher zum grössten Theil, als auf falschen Deutungen beruhend, betrachtet werden, da eine Vermehrung der Kerne in dieser Weise durch unsere jetzt gewonnenen Erfahrungen, wenn auch nicht widerlegt, so doch als einer neuen Untersuchung und Begründung bedürftig, erachtet werden muss.

III. Kapitel. Ueber die Conjugation der Infusorien.

1. Abschnitt. Kurze historische Uebersicht der Entwicklung unsrer Kenntnisse von der Conjugation der Infusorien.

Conjugationszustände der ciliaten Infusorien wurden ohne Zweifel schon seit den Zeiten beobachtet, da es möglich geworden war, diese kleinen Organismen überhaupt genauer zu verfolgen und die Durchstöberung der Natur mit Hülfe des Mikroskopes zu einer nützlichen und vergnüglichen Unterhaltung für viele Berufene und Unberufene wurde.

Schon Leeuwenhoek beobachtete Ende des 17. Jahrhunderts mehrfach Verbindungen zweier Infusionsthiere und deutete dies als Paarung.*) Aehnliche Beobachtungen wurden von Joblot 1718 und Baker 1742 gemacht und in derselben Weise erklärt. Erst durch die rühmlichen Untersuchungen Trembley's über die Theilung der Stentoren und Vorticellinen wurde die Ansicht der früheren Forscher in Zweifel gezogen. Die Beobachtungen über die Fortpflanzung durch Theilung wurden dann hauptsächlich fortgesetzt und vervollkommnet durch Rösel, Saussure, Ellis, O. Fr. Müller und Spallanzani. Gleichen hingegen hielt daran

*) Leeuwenhoek's Beobachtungen lassen uns nur die Möglichkeit erkennen, dass der berühmte Mikroskopiker schon Conjugationszustände gesehen hat. Man vergl. die Stellen in »Arcana uaturae detecta ab Ant. v. Leeuwenhoek. Delphis Batavorum 1695.« p. 23 (Brief an Rob. Hooke), p. 277 (an die Königl. Gesellschaft zu London); auch Contin. Arcan. nat. 1797; p. 22 u. 36.

fest, dass sich auch Vereinigungen zweier Infusionsthiere fänden.*) Auch der berühmte O. Fr. Müller glaubte sich von der Paarung bei einer Anzahl Infusionsthiere mit Sicherheit überzeugt zu haben und führt dafür auch recht triftige Gründe an.**)

Ehrenberg, der in den Infusorien hochentwickelte, geschlechtlich wohl differenzirte Formen sah, war trotzdem nicht im Zweifel über die Auffassung der Syzigien als Längstheilungszustände, wiewohl es doch bei seinen sonstigen Anschauungen recht nahe gelegen hätte, hier Paarungen zu vermuthen. Diese Betrachtungsweise blieb denn auch in der Folgezeit die herrschende, weder Dujardin noch Stein und die mannichfachen Beobachter, die sich mehr gelegentlich mit der Untersuchung unserer Organismen beschäftigten, hatten Zweifel über die Deutung der sogenannten Längstheilungszustände. Auch Claparède und Lachmann hielten in ihren »Études sur les infusoires« diesen Standpunkt noch fest. Dennoch waren mittlerweile auch Conjugationszustände der Infusorien mit Sicherheit nachgewiesen worden. Stein, der schon 1848 die Conjugation der Gregarinen richtig erkannt hatte, entdeckte 1849 die Conjugation der Acineten, Claparède und Lachmann aber bewiesen ihr Vorkommen bei den Vorticellinen, doch blieb diese Erkenntniss zunächst noch ohne Einfluss auf die Auffassung der sogenannten Längstheilungszustände.

Erst Balbiani erwarb sich das grosse Verdienst in einer der Pariser Akademie 1858 vorgelegten Mittheilung, die sogenannten Längstheilungszustände von *Paramaecium Bursaria* als Vereinigungen zweier Individuen zum Zwecke gegenseitiger Begattung, wie er glaubte, nach-

---

*) So berichtet z. B. Gleichen (Auserlesne mikrosk. Entdeckungen des Grafen von Gleichen gen. Russworm 1777; p. 48) sehr ausführlich über die Vereinigungen der sogen. Pendeloquenthierchen (nach Ehrenberg = *Paramaecium Aurelia*), bei dem er sich durch mühsame und recht glaubwürdige Untersuchungen überzeugt haben will und ausführlich beschreibt, wie zwei Thierchen sich mit einander vereinigen. Er kommt schliesslich zu der Ansicht: dass dies Kämpfe seien, welche sich die Thierchen unter einander lieferten und sich dabei wohl so fest in einander verbissen, dass sie stundenlang zusammen blieben. In seiner Abhandlung über die Saameu- und Infusionsthierchen (Nürnberg 1778) hingegen fasst er die beschriebenen Vereinigungen zweier Infusionsthierchen als Paarungen auf (vergl. p. 87 u. 150, sowie Taf. XXVIII. Fig. 8—9).

**) Müller hat nämlich schon solche, in vermeintlicher Längstheilung begriffene Zustände von *Paramaecium Aurelia* 12 Stunden lang, ohne dass sie sich trennten, beobachtet; ein ander Mal sah er in zwei Stunden keine Veränderung. Da ihm nun die Quertheilung und ihr rascher Verlauf wohl bekannt war, so hatte er gewiss mit Grund an der richtigen Auffassung dieser Zustände festgehalten, die erst 70 Jahre später zur Geltung kommen sollte. Die Widersprüche bei Müller erklären sich vielleicht dadurch, dass er über die Deutung der von ihm beobachteten sogen. seitlichen Cohäsionen verschiedener Infusionsthiere, in paralleler Stellung, keineswegs immer sicher war. So deutet er einen entschiedenen Conjugationszustand eines jedenfalls zu den *Oxytrichinen* gehörigen Infusors (seiner *Kerona Lepus*, p. 243. T. 34, Fig. 6—8) als Längstheilung.

Eine genaue Zusammenstellung und Besprechung der älteren Literatur findet sich bei Ehrenberg (108; p. 382—383), welcher auch der grösste Theil der oben gemachten Angaben entnommen ist, da mir nur der kleinste Theil der älteren Literatur direct zugänglich ist.

zuweisen. Diese bahnbrechenden Beobachtungen Balbiani's fanden zuerst bei dem competentesten Forscher Deutschlands, Stein, keinen Beifall; in dem 1860 erschienenen ersten Band seines »Organismus der Infusionsthiere« hält er noch, wiewohl mit einiger Reserve, an der früheren Auffassung fest, die er sonderbarer Weise mit der, von Balbiani in seiner erwähnten Arbeit entwickelten Lehre der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusionsthiere in Einklang zu bringen sucht, woraus denn die merkwürdige Erscheinung sich ergeben haben würde, dass die ciliaten Infusorien ihre Geschlechtsproducte nur während der Längstheilung entwickelten.

Doch die Tage der alten, falschen Ansicht waren gezählt; die weiteren Arbeiten Balbiani's und die schönen Untersuchungen Engelmann's (66; 110) stellten es ganz sicher, dass die Conjugation eine allgemein verbreitete Erscheinung bei den Infusorien sei und Stein schloss sich in dem II. Band seines grossen Werkes diesen Anschauungen völlig an.

In der geschichtlichen Entwickelung unserer Kenntnisse von der einfachen Thatsache der Conjugation der Infusionsthiere sehen wir wiederum ein sprechendes Beispiel, wie schwer es fällt, sich von einer lange herrschenden Ansicht, wenngleich dieselbe sich nur auf sehr unvollständige Beobachtungen stützte, zu befreien. Es ist keineswegs sehr schwierig Infusorien in Vorbereitung und im Moment der Conjugation anzutreffen, wodurch ja, wie Balbiani gezeigt hat, die ganze Frage in zweifelloser Weise gelöst wird; aber die feste Ueberzeugung von der richtigen Deutung der Längstheilungszustände verhinderte es, dass man solche Vorgänge beachtete oder sie aufzufinden sich bestrebte.

Die durch die Arbeiten von Dujardin, Meyen, Siebold und Köllicker ziemlich verbreitete Auffassung der Infusionsthiere als nichtzellige, resp. einzellige Organismen, fand in den Verfassern der »Études sur les infusoires«, Claparède und Lachmann, energische Gegner, deren Ansichten um so mehr grosse Beachtung zu verdienen schienen, als sie durch ihre, fast über das gesammte Gebiet der Protozoën ausgedehnten Untersuchungen zu einem Urtheil besonders berufen waren. Sie entschieden die Frage jedoch im entgegengesetzten Sinne und glaubten in den Infusorien verhältnissmässig hoch entwickelte, versteckzellige, den Coelenteraten und Turbellarien etwa sich anschliessende Organismen zu erkennen (61; p. 58—63). Diese allmälig hervortretende, veränderte Auffassung unserer Thiere, in Zusammenhang mit der schon 1856 von Joh. Müller mitgetheilten Beobachtung über das Vorkommen eigenthümlicher, spermatozoënähnlicher Gebilde im Nucleus von *Paramaecium Aurelia*, einer Wahrnehmung, die durch ähnliche Beobachtungen von Claparède, Lachmann und Lieberkühn auch bei andern Infusorien bestätigt wurde, legten es wohl nahe, mit erneutem Eifer nach einer geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien zu fahnden. Es war dies um so ver-

lockender, als ja in der Embryonenbildung verschiedener Infusorien, die durch die Beobachtungen von Focke, Cohn, Eckhard, O. Schmidt, Stein, Claparède und Lachmann festgestellt worden war, eine Fortpflanzungsweise vorlag, die sich mit einem geschlechtlichen Act leicht und angenehm in Einklang hätte bringen lassen.*)

Wir sehen daher auch Stein gleichzeitig mit Balbiani bemüht, die geschlechtliche Fortpflanzung der ciliaten Infusorien, die während der Conjugation vor sich gehen sollte, zu ergründen. Als allgemeine sErgebniss tritt nun hierbei zu Tage, dass wir in dem sog. Nucleus, dem Homologon des Zellkerns der Anhänger der Einzelligkeitslehre, das weibliche Geschlechtsorgan, in dem Nucleolus oder den mehrfach vorhandenen Nucleoli hingegen die männlichen Organe zu erkennen hätten.

Wie sehr beide Forscher nun auch in diesem Punkt harmonirten, so ungemein wichen sie jedoch in der Auffassung der einzelnen Vorgänge während der Conjugation und den schliesslichen Resultaten derselben von einander ab.

Stein sah bei allen Infusionsthieren, bei welchen eine Fortpflanzung durch Embryonen beobachtet worden war, diese Embryonen als das schliessliche Product der geschlechtlichen Fortpflanzung an, und liess dieselben durch mannigfache Umwandlungen, in Bezug auf welche er seine Ansichten im Laufe der Zeit sehr änderte, aus dem Nucleus hervorgehen. Balbiani, der ursprünglich noch für *Paramaecium Bursaria* der gleichen Ansicht gehuldigt hatte, emancipirte sich jedoch bald von derselben und glaubte in den vermeintlichen Embryonen zu den Acinetinen gehörige parasitische Eindringlinge zu erkennen, während die mit der Conjugation eintretende Fortpflanzung nach seinen Angaben nur durch nach Aussen abgelegte, befruchtete Eier bewerkstelligt wird.

Die Balbiani'sche Deutung der Embryonen fand bei Stein keine Anerkennung, er bekämpfte dieselbe trotz einer bestätigenden Angabe Mecznikoff's (70) in dem II. Bande seines Werkes mit Lebhaftigkeit und auch Engelmann hielt an der ursprünglichen Auffassung der Embryonen fest. Kölliker (92) schloss sich nach eigenen Untersuchungen an *Param. Aurelia* mehr den Balbiani'schen Ansichten über die geschlechtliche Fortpflanzung dieses Infusors an.

Seit dem Erscheinen des II. Bandes des Stein'schen Werkes im Jahre 1866 ist nur sehr wenig thatsächliches Material zur Lösung der hier vorliegenden Fragen beigebracht

*) Ich sehe hier natürlich von den sogen. Embryonen der Acinetinen ab, wie sich denn alle folgenden Bemerkungen nur auf die ciliaten Infusorien beziehen.

worden *). Dagegen hat sich in der neuesten Zeit ein Umschlag in der Auffassung unserer Thiere ausgebildet, indem man sich wieder der älteren Anschauung von der Einzelligkeit der Infusorien allgemeiner zuwandte, wiewohl diese Ansicht von einer bedeutenden Zahl der namhaftesten Forscher immer aufrecht gehalten worden war. Indem jedoch dieser Umschwung lediglich durch theoretische Betrachtungen und Wünsche geleitet wurde und sich zur Begründung seiner Anschauungen nur einer lang versäumten, vorurtheilsfreien Kritik der früheren Beobachtungen bedienen konnte, so war es ihm auch nicht vergönnt eine Lösung des Problemes anzubahnen, sondern wesentlich nur dessen Nichtgelöstsein zu constatiren.

Ich habe mich in einer im Anfange des Jahres 1873 erschienenen kleinen Arbeit (78) gegen die Wahrscheinlichkeit einer geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien im Sinne von Balbiani und Stein ausgesprochen; in demselben Jahre hat Häckel (81) in seinem Aufsatz über die Morphologie der Infusorien die auf diesen Punkt bezüglichen Thatsachen in Zweifel gezogen und Claus sich späterhin 1874 sowohl in einer besonderen Abhandlung (82), als auch in der dritten Auflage seines Lehrbuchs in verneinendem Sinne hinsichtlich dieser Frage geäussert. So sehr nun aber auch diese, an der Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien mit Recht geübte Kritik wohl im Stande war dieselbe zu erschüttern, so war hiermit doch nur ein Hinweis auf erneute Untersuchung der hiebei in Frage kommenden thatsächlichen Verhältnisse gegeben, denn eine sichere Widerlegung der von Balbiani und Stein ausgesprochnen Ansichten liess sich nur dadurch liefern, dass man die ihnen zu Grunde liegenden, thatsächlichen Verhältnisse in geeigneterer Weise erklärte oder widerlegte.

Gleichzeitig liess sich dabei auch die Lösung der in allgemein morphologischer Hinsicht so wichtigen Frage, nach dem Werthe des Infusorienorganismus überhaupt, erwarten. Dieses mir gesteckte Ziel, glaube ich nun, wird durch die nachstehend mitzutheilenden Untersuchungen seine vorläufige Lösung gefunden haben.

2. Abschnitt. Einige Bemerkungen über das Auftreten der Conjugation bei den ciliaten Infusorien.

Jeden Forscher, welcher sich mit der Conjugation der Infusorien beschäftigt, überrascht die höchst merkwürdige Thatsache, dass diese (mit Ausnahme der Vorticellinen) meist vorübergehenden Vereinigungen verschiedener Individuen sich gewöhnlich nicht vereinzelt vorfinden,

*) Die Abhandlung von Léon Marchand (De la reproduction des animaux infusoirs Paris 1869) enthält nur eine, z. Th. recht unvollständige, Zusammenstellung der von Stein, Balbiani, Claparède und Lachmann erzielten Resultate über die Fortpflanzung der Infusorien. Stein's II. Bd. des Organismus der Infusionsthiere ist darin z. B. gar nicht berücksichtigt.

sondern dass meist gleichzeitig eine grössere Menge von Individuen in der Conjugation begriffen sind, ja, dass nicht selten die Conjugation gleich einer Epidemie die vorhandenen Thiere überfällt, so dass die Zahl der conjugirten Paare die der Einzelindividuen übertreffen kann.

Diese merkwürdige Thatsache haben sämmtliche früheren Forscher bestätigt gesehen, ohne dass sich jedoch bis jetzt für dieselbe eine ausreichende Erklärung gefunden hätte.

Zwei fundamental verschiedene Betrachtungsweisen stehen sich hier gegenüber. Auf der einen Seite scheint dieses plötzliche und gleichzeitige Auftreten zahlreicher Conjugationszustände dafür zu sprechen, dass äussere Ursachen, welche gleichzeitig sämmtliche Thiere einer Infusion beeinflussen, zunächst bestimmend auf den Eintritt der Conjugation einwirken. Eine zweite Frage wäre dann die nach der Natur dieser Ursachen. Andrerseits könnten es aber immerhin auch innerliche Ursachen sein, welche das so plötzlich und gleichzeitig eintretende Bedürfniss der Conjugation hervorriefen. Diese letztere Auffassung ist jedoch nur dann verständlich, wenn man berücksichtigt, dass in den meisten Fällen die Bewohner einer Infusion sich nur von verhältnissmässig sehr wenigen Urahnen durch einfache Theilung herleiten, dass sich daher immer in jeder reichlich bevölkerten Infusion eine grosse Anzahl Thiere finden müssen, welche genealogisch auf entsprechender Stufe stehen, in welchen daher innerliche Eigenthümlichkeiten, die sie von ihren Ahnen geerbt haben mögen, gleichzeitig zur Geltung kommen müssen und worunter man dann auch die Ursachen der plötzlich zwischen vielen Individuen auftretenden Conjugation suchen könnte.

Letztere Ansicht hat Balbiani (65a; p. 1191—95) zu der seinigen gemacht. Nach ihm bildet nämlich der Eintritt der Conjugation den Abschluss einer Epoche in dem Leben der zu einem Cyclus gehörigen Summe von Individuen, in welcher die Theilung die allein herrschende Form der Vermehrung bildete. Es fände also, wie er auch ausdrücklich bemerkt (66; p. 479 Anmerkung), im Leben der Infusorienspecies regelmässige Abwechslung ungeschlechtlich durch Theilung sich fortpflanzender und einer geschlechtlichen Generation statt, die gleichsam den Abschluss der ungeschlechtlichen Fortpflanzung bildete. Es seien demnach auch die sich conjugirenden, meist sehr kleinen Thiere nicht etwa als die jüngsten, sondern umgekehrt als die ältesten zu betrachten. Der Abschluss der Entwicklungscyclen einer Infusorienspecies könne jedoch auch noch durch natürlichen und gleichzeitig eintretenden Tod oder durch Encystirung herbeigeführt werden.

Stein (68; p. 48—49) bekämpft diese Anschauungen und bemerkt: »Was die Infusionsthiere zur geschlechtlichen Fortpflanzung« — Conjugation — »bestimmt, das wissen wir nicht; sicher aber ist, dass die geschlechtliche Fortpflanzung auf den allerverschiedensten Entwicklungs-

stufen eintreten kann und dass sie stets gleichzeitig an vielen Individuen derselben Localität beobachtet wird,« und ferner: »die geschlechtliche Fortpflanzung bildet daher bei den meisten Infusorien nicht das Endziel der Entwicklung, wie dies bei allen höheren Thieren der Fall ist, sondern sie fällt zu den verschiedensten Zeiten mitten in ihre Entwicklungsgeschichte hinein und unterbricht dieselbe eine Zeit lang.«

Diese hier wiedergegebene Ansicht Stein's, der gleichzeitig bemerkt, dass während der Conjugationsepoche Theilungszustände sehr selten seien und umgekehrt, lässt sich jedoch ganz gut mit der cyclischen Abwechslung Balbiani's vereinigen, da auch dieser Forscher der Ansicht ist (66; p. 493), dass die Thiere nach stattgefundener geschlechtlicher Fortpflanzung nicht abstürben, sondern nach Reconstituirung der Geschlechtsorgane (Nucleus und Nucleolus) ihr Leben weiter fortsetzten, also wohl in eine Epoche der ungeschlechtlichen Vermehrung einträten. Seine Beobachtungen geben ihm jedoch hierüber keine sicheren Resultate; er bemerkt: »Cependant, dans les conditions artificielles qui resultent de leur séjour dans les vases de verre ou autres où l'on élève ces animalcules pour pouvoir les observer, on remarque presque toujours qu'après s'être reproduits ils disparaissent beaucoup plus rapidement dans l'intérieur du liquide que dans les circonstances ordinaires, soit parce qu'ils u'y trouvent plus qu'une nouriture insuffisante, soit pour tout autre motif.«

Dass sich nun ein derartiger Entwicklungsgang bei einigen Infusorienarten leicht experimentell nachweisen lässt, werde ich weiter unten näher ausführen.

Die oben zuerst hervorgehobene Betrachtungsweise, dass nämlich der Eintritt einer Conjugationsepoche von blos äusserlichen Ursachen bestimmt werde, wurde neuerdings für *Vorticella nebulifera* von Everts*), auf experimentelle Gründe gestützt, hervorgehoben (74; p. 610). Hier soll es nämlich der durch Verdunstung hervorgerufene Wassermangel sein, der den Eintritt der Conjugation im Gefolge habe. Da es nun für die Untersuchung von dem allerhöchsten Werthe wäre, die Infusorien zur Conjugation zwingen zu können, um so das höchst mühsame und zeitraubende Aufsuchen von Conjugationszuständen zu erleichtern, so habe ich es nicht ver-

*) Man wird es mir nicht verargen, wenn ich im Laufe meiner Mittheilungen die Ansichten Everts über die Conjugation, speciell von *Vorticella nebulifera*, hier nicht weiter berücksichtige. E. spricht der knospenförmigen Conjugation dieser *Vorticelle* jede tiefere Bedeutung ab und sieht in ihr nur eine vor dem Wassermangel schützende Volumvermehrung (eine Vorstellung, die doch nur bei einem in der Luft lebenden Thier zulässig sein könnte). Daraus geht jedoch hervor, dass er weder durch eigene, noch durch Stein's Untersuchungen die höchst interessanten Vorgänge im Innern der conjugirten Thiere kennt. Aber auch in Bezug auf die allgemeine Kenntniss der Bauweise dieses Thieres, sowie seine Fortpflanzung durch Theilung, bietet diese Arbeit in überwiegender Weise offenbare Rückschritte.

säumt diese Frage meinerseits wiederholt zu prüfen. Es ist mir jedoch nie gelungen durch allmäliges Eintrocknenlassen einer viele Infusorien enthaltenden Wassermenge Conjugation hervorzurufen; nur wenn schon zahlreiche Conjugationzustände vorhanden waren, schien es mir, als wenn ihre Zahl durch Eintrocknung noch bedeutend vermehrt würde. Doch haben auch diese Versuche keine entscheidende Bedeutung, da die Conjugationszustände in einer Infusion sich allmälig vermehrend bis zu einem gewissen Maximum fortschreiten, um hierauf wieder allmälig abzunehmen; hat man nun gerade in der Zeit der Zunahme den Versuch angestellt, so erhält man wohl eine Vermehrung der Conjugationszustände, die jedoch sicherlich nicht dem eintretenden Wassermangel, sondern der schon vorhandenen Tendenz zur Conjugation zuzuschreiben ist.

Auch andere äusserliche Ursachen, an welche ich dachte, erwiesen sich nicht von Einfluss. So glaubte ich eine Zeit lang, dass vielleicht starke Beleuchtung einen Einfluss auf den Eintritt der Conjugation auszuüben im Stande sei, jedoch ergaben die Experimente auch hier kein bejahendes Resultat. Auf diesen Gedanken kam ich übrigens durch folgende Beobachtung. Mehrfach machte ich die Wahrnehmung, dass sich in Gewässern, die ich mit nach Hause brachte, ursprünglich gar keine Conjugationszustände zeigten, dass jedoch, sehr bald nachdem sie zu Hause in kleinen flachen Glasschalen aufgestellt worden waren, zahlreiche Syzigien auftraten.

Ueberhaupt konnte ich mir die Conjugationszustände einer Reihe von Infusorien in dieser Weise mit einiger Sicherheit verschaffen. Wie dies nun sich erklärt, ist vorerst fraglich; ich glaubte einige Zeit, dass die verstärkte Einwirkung des Lichtes in den demselben allseitig zugänglichen kleinen Glasschalen vielleicht die Ursache sein könnte; direct in dieser Hinsicht angestellte Versuche ergaben jedoch, wie gesagt, kein Resultat. Ursprünglich hegte ich hinsichtlich dieser Frage nach dem Eintritt der Conjugation eine andere Ansicht; da es nämlich keinem Zweifel unterliegt, dass wir in der theilweisen oder gänzlichen Vermischung der Leibesmasse zweier conjugirter Infusorien den Hauptzweck der ganzen Einrichtung und die Ursache der im Verlaufe derselben sich ereignenden, merkwürdigen Processe zu sehen haben und fernerhin eine derartige Vermischung immerhin von vornherein gewisse Analogien mit dem Befruchtungsprocess bietet, so glaubte ich vermuthen zu dürfen, dass vielleicht namentlich solche Individuen zur Conjugation geneigt seien, die wegen einer relativ verschiedenen Lebensweise auch kleine innere Verschiedenheiten voraussetzen liessen. Um diese Vermuthung einer Prüfung zu unterwerfen, vermischte ich Wasser verschiedener Herkunft, welche dieselbe Infusorienspecies zahlreich enthielten, in der Hoffnung, dass diese an verschiedenen Orten hervorgegangenen Individuen vielleicht besonders geneigt seien sich zu conjugiren. Aber auch diese mehrfach wiederholten Versuche blieben ganz resultatlos.

Hingegen sprachen aber einige Beobachtungen, die ich im Laufe meiner Untersuchungen machte, für eine cyclische Abwechslung, wie sie Balbiani annehmen zu dürfen glaubte. Namentlich interessant sind in dieser Hinsicht die mit *Paramaecium putrinum* Clp. & L. erhaltnen Resultate. Dieses kleine Infusor eignet sich überhaupt sehr zu Züchtungsversuchen, da es selbst in sehr kleinen Uhrschälchen, in einer ganz geringen Menge Wassers und bei Zusatz einiger Muskelfäserchen als Nahrung, sich reichlich entwickelt und ungestört lebt.

Einige conjugirte Paare dieser Art nun wurden am 9. Nov. 1874 in der angegebnen Weise isolirt. Nachdem sie sich am 10. Nov. getrennt hatten, begannen die früher sehr kleinen Thiere ein rapides Wachsthum, so dass schon am Morgen des 11. Nov. viele Individuen das Maximum der Grösse, das ich je bei dieser Art beobachtet habe, erreicht hatten und nun begann auch die Vermehrung durch Theilung in ganz rapider Weise. Schon nach wenigen Tagen wimmelte die geringe Wassermenge, in welcher sich die Thiere befanden, buchstäblich von ihnen. Am 14. Nov. traf ich sie nun ganz massenhaft in Conjugation begriffen. Sämmtliche conjugirten Thiere waren wieder von der kleinen Form, wie ihre ursprünglichen Ahnen. Von diesen in der Conjugation befindlichen Thieren wurden nun wiederum 4 Paare in gleicher Weise isolirt; dieselben verhielten sich ganz ebenso wie die früheren, sie vermehrten sich nach ihrer Trennung so sehr, dass am 24. Nov., wo ich zuerst wieder, jedoch auf vereinzeltere Conjugationszustände stiess, Hunderte von Thieren vorhanden waren. Auch jetzt waren die in Conjugation begriffenen Thiere alle verhältnissmässig sehr klein.

Wir sahen also bei diesem *Paramaecium* drei Conjugationsepochen mit dazwischen liegenden Epochen rascher Fortpflanzung durch Theilung abwechseln; halten wir diese Erfahrung zusammen mit der fernerhin noch bei *Paramaecium Aurelia*, *Stylonichia pustulata* und *Euplotes Charon* gemachten Beobachtung, dass auch diese Infusorien nach vollendeter Conjugation eine sehr rapide Vermehrung durch Theilung erfahren, so scheint es nicht ungerechtfertigt, einen derartigen Wechsel von Epochen der Theilung und der Conjugation als eine regelmässige Erscheinung zu betrachten.

Die Zeit, welche zwischen je zwei auf einander folgenden Conjugationsepochen verstreicht, wird in Zusammenhang stehen mit der Reichlichkeit der Ernährung, die sich den aus der Conjugation hervorgegangnen Thieren bietet, denn jedenfalls scheint eine bedeutende Vermehrung der aus der Conjugation hervorgegangnen Thiere erst stattfinden zu müssen, bevor zu einer zweiten Conjugationsepoche geschritten werden wird.

Als eine eigenthümliche Erscheinung tritt uns nun hier die Thatsache entgegen, dass die gegen Ende der Theilungsepoche zur Conjugation schreitenden Thiere sich durch eine auffallende

Kleinheit auszeichnen*). Es möchte daher fast scheinen, als wenn nach einer gewissen Zeit die Fähigkeit der ausreichenden Ernährung und des damit zusammenhängenden Wachsthums eine Einbusse erlitte, während dennoch die Theilung ihren Weg in ziemlich gleichmässigem Tempo weiter fortsetze, denn ein Gesetz, dass die Theilung erst dann eintrete, wenn ein gewisses Maximum des Wachsthums überschritten werde, existirt bei den Infusorien nicht, worauf ich späterhin noch zurückkommen werde. Die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere, von welchen schon Stein hervorhebt, dass sie ein erhöhtes Nahrungsbedürfniss haben, hätten hingegen wieder die volle Kraft der Assimilation und die Fähigkeit raschen Wachsthums erlangt, eine Auffassung der allgemeinen biologischen Bedeutung der Conjugation, die mit der von Cinkowski gelegentlich geäusserten Ansicht über die Bedeutung dieses Vorgangs sich in gewisser Uebereinstimmung befände, wiewohl ich Cinkowski nicht vollständig beipflichten kann, wie dies späterhin noch näher zu besprechen sein wird.

Wie sich nun mit dieser Auffassung die mehrfach gemachte und oben erwähnte Beobachtung, dass sich Conjugationszustände gewöhnlich bald nach dem Einsammeln eines viele Infusorien enthaltenden Wassers einstellen, vereinigen lässt, muss ich leider vorerst noch unbeantwortet lassen. Möglicher Weise hängt diese Erscheinung damit zusammen, dass durch das Absterben einer Menge kleiner Thiere in einem solchen Wasser gewöhnlich eine reichliche Menge von Nahrung geschaffen wird, die eine rasche Vermehrung gewisser Infusorienarten hervorruft und so das Eintreten einer Conjugationsepoche beschleunigt.

3. Abschnitt. Methode der Untersuchung.

Stein bemerkt (68; p. 79): »Die Conjugationszustände gehören aber bei allen Infusionsthieren zu den seltnen Erscheinungen und wenn es schon schwer hält Theilungszustände aufzufinden, so gehört noch unendlich viel mehr Glück dazu, Conjugationsformen kennen zu lernen.«

Diese Sätze wird Jeder unterschreiben, der sich einmal mit dem mühsamen Aufsuchen von Conjugationszuständen beschäftigt hat. Ich habe dieses Citat Stein's noch besonders deshalb hier angeführt, um damit der Lückenhaftigkeit meiner Untersuchungen an mancher der später im Speciellen vorzuführenden Arten von vornherein ein entschuldigendes Wort zu widmen.

*) O. F. Müller hat (worauf auch schon Balbiani 66; p. 480, Anmerkung, hinwies) bei *Paramaecium Aurelia* schon beobachtet, dass es vorzüglich kleine Thiere sind, die sich der Länge nach vereinigt finden. Die bezüglichen Stellen finden sich in »Animalcula infusoria« p. 88 und lauten: »Haec cohaesio vix potest esse generatio per divisionem, cum nondum ad magnitudinem adultorum provecta essent« und »Vera dehinc copula est, Aureliaeque mature, et ante plenam magnitudinem, Veneri litare amant.«

Ein kurzes Eingehen auf die bei meinen Untersuchungen angewendeten, sehr einfachen Methoden halte ich für um so mehr gerechtfertigt, da, wie mir scheint, Stein die von Balbiani bei seinen Untersuchungen befolgte Methode gar nicht verstanden und daher bei seinen eignen Beobachtungen auch nicht angewandt hat, wodurch es sich namentlich erklärt, dass er, trotz vielfach wiederholter Untersuchung der Conjugationsprocesse, dennoch zu den irrthümlichsten Auffassungen kam.

Bekanntlich ist an den lebenden Infusionsthieren eine genaue Beobachtung des Nucleus häufig schon sehr schwer, die des Nucleolus dagegen meist unmöglich. Genauere Structurverhältnisse jedoch sind nur am isolirten Nucleus, beziehentlich Nucleolus zu erkennen oder doch erst nach Anwendung von Reagentien.

Wenn sich aber im Verlaufe der Conjugation bei einigen der zu besprechenden Arten Nucleus und Nucleolus vielfach getheilt haben und die Theilproducte durch das gesammte Endoplasma zerstreut sind, dann sind von diesen am lebenden Thier häufig nur bei der allerstärksten Abplattung Spuren wahrnehmbar, geschweige ein scharfes Auseinanderhalten der verschiedenen Producte und eine genaue Erkenntniss ihrer Structur.

Es ist daher absolut nothwendig eine grosse Zahl einzelner Paare und ihrer Descendenten zu untersuchen, um aus den so erhaltenen Resultaten, mit Hülfe der an lebendigen Thieren zu beobachtenden Veränderungen, die thatsächlich statthabenden Processe zu construiren. Vor allen Dingen ist es jedoch hierbei nothwendig sich zu versichern, dass man es wirklich mit auf einander folgenden Stadien zu thun hat, d. h. man darf nicht beliebig eingefangene Conjugationszustände untersuchen, sondern man muss, was namentlich das Wichtigste ist und wobei die grössten Täuschungen möglich sind, die nach der Trennung der Thiere statthabenden Veränderungen nur an solchen Individuen studiren, die man aus isolirten Paaren erhalten hat und an welchen man häufig auf viele Tage auszudehnende, fortlaufende Untersuchungen anstellen muss. Diesen einzig richtigen Weg der Untersuchung hat nun ohne Zweifel Balbiani eingeschlagen, obgleich er von seiner Züchtungsmethode der Infusionsthiere nicht viel spricht; er hielt dies Verfahren jedenfalls für zu natürlich um darüber viele Worte zu machen.

Stein ist er jedoch in dieser Hinsicht ganz unverständlich geblieben; Stein scheint gar nicht daran gedacht zu haben conjugirte Infusorien zu isoliren und die weiteren Veränderungen an ihnen durch allmälige und fortlaufende Untersuchungen zu constatiren. Dies geht ohne Zweifel aus den Bemerkungen hervor, mit welchen er die Angaben Balbiani's über die Zeitdauer der Conjugationen und die Zeit, in welcher die verschiedenen Veränderungen während und nach Aufhebung der Conjugation eintreten, begleitet. So bemerkt er zu der Angabe

Balbiani's, dass die Dauer der Conjugation bei den verschiedenen Infusorien zwischen 24 Stunden und 5—6 Tagen schwanke, »was ich ihm zu vertreten überlassen muss, da es mir an jedem Anhaltspunkt zu einer solchen Zeitbestimmung fehlt« (68; p. 77). Ein ähnlicher Gedanke liegt wohl auch jener Stelle zu Grund, wo er bei Besprechung der Balbiani'schen Schilderung der Conjugation von *Param. Aurelia* sagt: »Diesen Angaben gegenüber, die im Original dadurch einen noch gewaltigeren Eindruck von Zuverlässigkeit machen, dass die Veränderungen der Fortpflanzungsorgane genau nach Tag und Stunde beschrieben werden —«. Derartige Zeitangaben sind jedoch nicht so schwierig festzustellen und Stein lagen ja doch auch schon die Untersuchungen Engelmann's vor, der an Thieren, welche auf dem Objectträger gezüchtet wurden, seine Beobachtungen machte, welche er gleichfalls durch ganz genaue Zeitangaben bereicherte.

Will man die Dauer der Conjugation bestimmen, so muss man entweder zwei sich eben conjugirende Thiere abfangen, isoliren und sie bis zur Trennung verfolgen, oder, da man nicht gar häufig auf solche Paare stösst, so lässt sich eine ungefähre Schätzung der Conjugationsdauer auch wohl in der Weise erreichen, dass man eine grössere Anzahl conjugirter Paare isolirt und nun die Zeit feststellt, wenn sich das letzte Paar wieder trennt, denn es darf als wahrscheinlich vorausgesetzt werden, dass sich unter einer grösseren Anzahl von Paaren ein oder das andere befinde, das erst vor kurzer Zeit zur Conjugation geschritten ist.

Um fortlaufende Untersuchungen an lebenden Thieren zu machen, isolirte ich dieselben unter dem Deckgläschen auf dem Objectträger in wenig Wasser; um jedoch von den inneren Verhältnissen etwas zu sehen, müssen sie in gewissem Grade gepresst werden, was nur wenige Arten auf längere Zeit ertragen; hierher gehören die Paramäcien, Stylonichien und *Euplotes*. Ich versah das Deckgläschen mit Wachsfüsschen und presste dann so lange, bis gerade der hinreichende Druck auf das Infusor erreicht war. Um das Präparat aufzuheben, wurde es in die feuchte Kammer gesetzt, nachdem in den meisten Fällen durch Einführen von etwas Wasser unter das Deckgläschen der Druck auf das Thier aufgehoben worden war. Um es von neuem zu untersuchen, saugt man das überschüssige Wasser mit Löschpapier ab und bringt so den geeigneten Druck wieder hervor. Dennoch missglückt die längere Untersuchung eines Infusors oder conjugirten Paares in dieser Weise häufig genug, nur bei *Paramaecium putrinum* entwickelten sich auch die sehr gepressten Thiere ohne Störung.

Zu den fortlaufenden Untersuchungen mit Reagentien etc. isolirte ich gewöhnlich eine möglichst grosse Zahl conjugirter Paare in einem kleinen Uhrschälchen mit wenig Wasser, das Ganze wurde in einer kleinen feuchten Kammer aufbewahrt. Leider gelang es nur bei

einer beschränkten Zahl von Arten, die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere längere Zeit am Leben zu erhalten; hierher gehören hauptsächlich die Arten, welche in verdorbenem Wasser zu leben nicht verschmähen, so *Param. Aurelia*, *Bursaria*, *putrinum*, *Stylonichia*, *Euplotes Charon*, *Colpidium Colpoda;* dagegen starben schon sehr bald nach der Aufhebung der Conjugation ab: *Bursaria truncatella*, *Condylostoma Vorticella*, *Blepharisma lateritia*, *Cyrtostomum leucas* und *Glaucoma scintillans*, hauptsächlich aus Mangel an geeigneter Nahrung, wie ich vermuthe. Bei den erstgenannten Infusorien lässt sich die Nahrung leicht durch ein wenig zugefügte Muskelfaser ersetzen; die letzgenannten Thiere jedoch ertragen eine solche Nahrung und ein in dieser Weise verdorbenes Wasser nicht.

Im hängenden Tropfen untersuchte ich nicht, da diese Methode unter den vorliegenden Verhältnissen jedenfalls keine guten Resultate geliefert hätte.

Häufig ereignet es sich, dass die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere ihren Leib so voll Nahrungsballen pfropfen, dass die Nuclei etc. nur schwer sichtbar sind, zumal eine Verwechselung der Nahrungsballen mit Nucleusbruchstücken leicht möglich ist; unter diesen Umständen empfiehlt es sich, die zu untersuchenden Thiere erst einige Zeit vor der Untersuchung in reinem Wasser hungern zu lassen, wo sie sich dann bald der Speiseballen völlig entledigen. Auch die Färbung mit ammoniakalischer Carminlösung kann zur Unterscheidung der Speiseballen von den Nucleusbruchstücken etc. sehr wesentliche Dienste leisten, da sich nämlich die ersteren meist nicht, die letzteren hingegen intensiv färben.

Wo es irgend möglich ist, muss man die Nucleusproducte etc. auch isolirt untersuchen, indem man das Thier zerstört, zerfliessen lässt, wie der Kunstausdruck sagt. Ich bewerkstelligte dies meist am besten so, dass ich in der erwähnten Weise das Infusor unter dem Deckgläschen durch einen gelinden Druck festlegte und dann unter dem Mikroskop mit der Nadel auf das Deckgläschen einige Male drückte, bis die bekannten Sarcodetropfen am Rande des Thieres auftraten, worauf dann das Zerfliessen, bei hiezu überhaupt geneigten Infusorien, bald vollständig erfolgt. Häufig ist es dann noch von Vortheil durch vorsichtiges Zufliessenlassen von etwas Wasser unter das Deckgläschen dessen starke Pression aufzuheben.

Das hauptsächlichste Reagenz bleibt auch hier die Essigsäure, von der ich gewöhnlich eine zu 1% verdünnte anwandte; unter Umständen empfiehlt es sich jedoch auch die Wirkung viel concentrirterer Säuren zu studiren. Die Behandlung mit diesem Reagenz geschah immer vor den Augen des Beobachters unter dem Mikroskop, nachdem das zu untersuchende Infusor möglichst comprimirt worden war. Der Hauptkunstgriff hierbei besteht darin, den Zusatz von Essigsäure durch gleichzeitiges Wegnehmen von Wasser auf der anderen Seite des Deck-

gläschens so zu reguliren, dass die Compression des Infusors hierbei nicht aufgehoben wird. Nur in dem letztern Fall zeigen sich feinere Verhältnisse, namentlich bei den etwas grösseren Infusorien deutlich, hat man jedoch einmal mit Essigsäure behandelt, so lässt sich eine weitere Compression nicht mehr vornehmen, da hierbei alle feineren Structurverhältnisse ruinirt werden.

4. Abschnitt. Bemerkungen über das Vorkommen und den Bau der Nucleoli und des Nucleus, sowie über deren Verhalten während der Theilung.

Der Nucleus der Infusorien — Ehrenberg's männliche Geschlechtsdrüse, der Zellkern der Anhänger der Einzelligkeitslehre, Balbiani's Ovarium und auch für Stein*) dasjenige Organ, aus welchem sich die Keime neuer Thiere im Laufe der Conjugation hervorbilden, daher nach Claus ein Keimstock vom Werthe einer endogenen Zelle — dieser Nucleus ist seiner Bauweise nach ein im Grossen und Ganzen sehr einfaches Gebilde. Er lässt sich wohl ausreichend und mit wenigen Worten, als ein von einer zarten Membran umschlossener, vor dem Leibesprotoplasma des Infusors durch seine grössere Dichte sich auszeichnender Protoplasmakörper, charakterisiren. Er macht daher im lebenden Infusor nicht etwa den Eindruck eines helleren Flecks, sondern umgekehrt den eines matteren und etwas dunkleren.

Diese Eigenthümlichkeit des sogenannten Nucleus der Infusorien ist deshalb nicht unwichtig, weil die Kerne der thierischen Zellen in der Form, in welcher sie gewöhnlich zur Anschauung kommen, ein sehr verschiedenes Verhalten zeigen. Diese Körper zeichnen sich bekanntlich durch grosse Helligkeit gegen ihre Umgebung aus, was daher rührt, dass man sie im Allgemeinen als weniger dicht, als das sie umgebende Protoplasma auffassen muss, eine Erscheinung, die jedoch nicht etwa so verstanden werden darf, dass etwa diese Gebilde durch eine reichliche Wasseraufnahme sehr gequollen seien, sondern Flüssigkeit und Kernmaterie sind in den Kernen der Gewebezellen von einander geschieden. Die eigentliche Kernmaterie (Hülle und Inhaltskörper) besteht aus einem verhältnissmässig sehr dichten Protoplasma; der Eindruck der grossen Helligkeit des thierischen Zellkerns beruht darauf, dass zwischen Hülle und Binnenkörper reichliche Mengen von Flüssigkeit angesammelt sind.

Diese bemerkenswerthe Differenzirung der Kerne thierischer Gewebezellen ist nun eine Erscheinung, die den sogenannten Nuclei der Infusorien fast durchgängig fehlt oder doch nur in wenig hervortretender Weise angedeutet ist.

---

*) Noch 1859 bezeichnete Stein (67; p. 54) ihn als »ein drüsenartiges Organ ohne Ausführungsgänge.«

In den weitaus meisten Fällen bestehen dieselben aus einer gleichmässigen, schon im Leben deutlich feiner oder gröber granulirten bis faserigen Masse, deren feinere Structur nach der Gerinnung durch Einwirkung von Wasser oder verdünnten Säuren noch viel deutlicher hervortritt.

Wie gesagt ist dieser Protoplasmakörper von einer Membran umschlossen, die sich am lebenden Nucleus jedoch nur selten mit einiger Deutlichkeit wahrnehmen lässt; dennoch sah ich sie recht gut bei *Stylonichia Mytilus*. Sie liegt dem eigentlichen Nucleuskörper dicht auf, doch liess sich bei *Stylonichia* und den Vorticellen nachweisen, dass sie von demselben im lebenden Zustand schon durch einen hellen, sehr schmalen Hof (ohne Zweifel Flüssigkeit) getrennt wird. Nach der Isolation des Nucleus im Wasser oder bei der Application verdünnter Essigsäure hebt sie sich leicht und gleichmässig ab und wird dann sehr gut sichtbar. Diese Membran macht den Eindruck eines sehr zarten, homogenen Häutchens, welches sich durch längere Einwirkung von Wasser oder verdünnter Säure allmälig löst. Sie lässt sich nun aber nicht mit der sogenannten Hülle der thierischen Zellkerne vergleichen, wie schon R. Hertwig sehr richtig bemerkte (75; p. 73). Diese letztere verhält sich immer nach Zusatz von Essigsäure wie ein deutliches Gerinnungsproduct, von sehr dichtem und dunkelglänzendem, dem der Binnenkörper völlig gleichenden Aussehen, auch macht sie meist nicht den Eindruck einer gleichmässigen zarten Haut, sondern ist knotig, ja zuweilen erinnert ihr Aussehen sehr an das einer Perlenschnur. Dagegen lässt sich die Hülle des Infusoriennucleus, wie ich hier vorgreifend bemerken will, mit der zarten Hülle vergleichen, die ich noch um die sogenannte Kernmembran bei den Kernen der rothen Blutkörperchen des Frosches auffand und auf welche ich bei andern Kernen späterhin noch zurückkommen werde.

Nicht immer wird jedoch der Protoplasmakörper des Nucleus von einer so gleichmässig feingranulirten Masse gebildet, wie z. B. stets bei *Param. Aurelia*, sondern es bilden sich häufig oder bei manchen Arten nahezu regelmässig, in seinem Innern Differenzirungen verschiedener Art. Ich sagte, dass diese Bildungen durch Differenzirung hervorgehen, da man, wenn man die Lebensgeschichte eines Infusors näher verfolgt, zu beobachten Gelegenheit hat, wie dieselben in einem ursprünglich gleichartigen Nucleus entstehen und dass andererseits der Nucleus zu gewissen Zeiten auch wieder aus diesem differenzirten Zustand in einen durch seine ganze Masse gleichartigen übergeht.

Schon der durch seine ganze Masse gleichartige Nucleus zeigt hie und da eigenthümliche Differenzirungen. Bei *Cyrtostomum leucas* wird er von lauter kleinen matten Kügelchen, die in eine helle Masse eingebettet sind, zusammengesetzt, wodurch er ein nahezu wabenartiges Aus-

sehen erhält (Taf. IX Fig. 18); bei *Bursaria truncatella* fand ich ihn im lebenden Thier durchaus eigenthümlich faserig-knotig (Taf. XI Fig. 6), nach Behandlung mit 1% Essigsäure erschien er grob granulirt. Ungemein häufig trifft man ihn durchaus feinfaserig bei *Epistylis flavicans*, ohne dass ein Theilungsprocess im Gange wäre, wobei er, wie sogleich zu beschreiben sein wird, diese Structur regelmässig annimmt.

Die gewöhnlichsten Differenzirungsvorgänge im Nucleus bestehen nun darin, dass sich locale Verdichtungen seiner Masse bilden. Dadurch entstehen dunkle Körperchen, die ganz regelmässig durch den Nucleus vertheilt sein können und um welche man häufig noch je eine schmale helle Zone beobachtet. In dieser Weise entsteht dann der Bau des Nucleus, welchen Wrześniowski und ich (78) früherhin schon etwas eingehender geschildert haben*). Solche Nuclei trifft man bei vielen *Oxytrichinen*, *Stentor*, *Spirostomum* etc., jedoch nicht immer. Bei vielen Infusionsthieren werden jedoch diese verdichteten Nucleuspartien viel grösser, so dass dann der Nucleus das Aussehen einer gleichmässig granulirten Masse bietet, in der zahlreiche dunklere und mannigfaltig gestaltete, bruchstückartige Körper unregelmässig vertheilt sind. Dieser früherhin schon häufig beschriebene Bau des Nucleus findet sich fast immer bei *Paramaecium Bursaria* und *Prorodon teres*, häufig auch bei *Param. putrinum*, vielen Vorticellinen und anderen Infusorien.

Einige nicht uninteressante Erscheinungen zeigen sich in Bezug auf diese Nucleuseinschlüsse bei *Param. Bursaria*; während nämlich hier die Einschlüsse gewöhnlich durch den ganzen Nucleus vertheilt sind (Taf. IX. Fig. 4), trifft man sie auch manchmal zu einem Haufen im Centrum des Nucleus zusammengehäuft und andrerseits stösst man auch auf Thiere, die gar keine einzelnen Bruchstücke mehr enthalten, statt deren jedoch einen grossen, dunkeln Körper von nahezu homogener Beschaffenheit (Taf. IX. Fig. 5). Ganz ähnliche Verhältnisse finden sich auch im Nucleus von *Epistylis flavicans* nach Greeff (73), was ich nach eigenen Erfahrungen bestätigen kann. Es scheint mir aber wahrscheinlicher, dass der grosse dunkle Körper im Nucleus aus der Verschmelzung der vielen kleinen hervorgeht, nicht umgekehrt, wie Greeff will und es steht diese Erscheinung wohl im Zusammenhang mit später zu besprechenden Umwandlungen des Nucleus während der Theilung. Häufig zeigen jedoch die, durch Verdichtung

*) Ich muss es als ein auffallendes Missverständniss bezeichnen, wenn Pagenstecher (vergl. Allgemeine Zoologie. 1. Theil, p. 70) mir zuschreibt, dass ich selbst die Kerne der Infusorien für mehrzellig erklärt habe. In derselben kleinen Abhandlung, wo ich die oben erwähnte Structur der Kerne näher beschrieb, welche diesen sonderbaren Ausspruch Pagenstecher's veranlasste, bekannte ich mich zum Schluss in nicht misszudeutender Weise als Anhänger der Einzelligkeitslehre der Infusorien.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

und wohl auch Ausscheidung in der Nucleusmasse entstandenen, dunklen Körperchen selbst noch eine weitere Differenzirung. Dieselbe besteht gewöhnlich darin, dass sich in ihnen eine Vacuole bildet, die schliesslich sich so ausdehnen kann, dass statt des früheren dunklen Körperchens jetzt ein helles Bläschens mit dunkler Hülle vorhanden ist. In solcher Weise sind häufig die Einschlüsse in den Nuclei der Oxytrichinen und Vorticellinen beschaffen, welche Veranlassung zu so mannigfachen falschen Deutungen gegeben haben. Balbiani fasst alle diese Bläschen als Keimbläschen in der als Dotter gedeuteten Substanz des Nucleus auf; Claparède und Lachmann, sowie Engelmann vermutheten in diesen Einschlüssen sich entwickelnde Embryonalkugeln und Greeff glaubt gleichfalls noch an der Ansicht festhalten zu dürfen, dass sie mit der Fortpflanzung in Beziehung ständen.

Zuweilen differenziren sich die Nucleuseinschlüsse auch in der Weise, dass sie in einen centralen Theil und eine Hülle zerfallen, zwischen welchen sich nun Flüssigkeit ansammelt, so dass also ein Bläschen entsteht, welches ein dunkles Binnenkörperchen enthält. Auch diese Art der Einschlüsse sah ich bei Vorticellinen; so scheint mir aber auch das helle Bläschen mit dem dunklen Binnenkörperchen im Nucleus von *Chilodon* und seiner Verwandten entstanden zu sein, welches Balbiani als Zellkern betrachtet und daher den Nucleus dieses Infusors als eine Eizelle aufzufassen dürfen glaubt. Neben diesem Bläschen bemerkt man jedoch im Nucleus von *Chilodon cucullulus* meist noch ein kleines Bläschen mit dunklen Wandungen und ausserdem liegen in der Aussenschicht des Nucleus gewöhnlich eine Anzahl nach Innen halbkuglich vorspringender, dunkler Verdichtungen, die man jedoch auch zuweilen als allseitig abgerundete, isolirte Körper in der Aussenzone des Nucleus antrifft*).

In ähnlicher Weise wie die Bildung der bläschenförmigen Einschlüsse, erklärt sich auch die Entstehung der so häufig beschriebenen, spaltförmigen Höhle in den Nuclei der Oxytrichinen. Nach der Theilung oder bei der Neubildung des Nucleus (nach der Conjugation) hat man Gelegenheit ihre Entstehung zu beobachten. Es bildet sich zuerst eine quere Verdichtung, eine Art dichterer Scheidewand, in der dann später eine spaltförmige, mit heller Flüssigkeit erfüllte Höhle entsteht, die demnach von dunklen Rändern eingeschlossen wird. Gegenüber Balbiani, der es leugnet, dass hier ein Spalt vorliege und die Erscheinung als eine Vorbereitung zu dem später statthabenden Zerfall des Nucleus in zwei vermeintliche Eier betrachtet, muss ich mich mit Engelmann der von Stein gegebenen Schilderung dieser Einrichtung anschliessen, indem ich noch die interessante Eigenthümlichkeit hervorhebe, dass die Nucleusmembran mit dieser

*) Schon von Dujardin und später Claparède und Lachmann beobachtet (vgl. 61; p. 335—36).

Verdichtung des Nucleus in festem Zusammenhang steht, sich daher am isolirten Nucleus nicht allseitig abhebt (Taf. XV. Fig. 4). Mit dem Zerfall der Nuclei während der Conjugation hat jedoch diese Einrichtung, die auch bei jeder Theilung verschwindet, nichts zu thun.

Eine besonders interessante Beschaffenheit haben die Nuclei von *Loxodes Rostrum*, die sich vielleicht noch am meisten mit den Kernen ächter Zellen vergleichen lassen. Der Bau der Kerne dieses Infusor's ist neuerdings von Wrześniowski geschildert worden (99), ich kann jedoch mit ihm nicht in allen Punkten übereinstimmen. Er fand an den zahlreichen Kernen keine Membran, dagegen beobachtete ich eine solche nach Isolation der Kerne und Wassereinwirkung stets sehr deutlich (Taf. XIV. Fig. 10) als ein zartes Häutchen. Innerhalb desselben folgt zunächst eine körnige Schicht oder Zone von grösserer oder geringerer Dicke, zuweilen auch einseitig mehr verdickt. Innerhalb dieser Zone liegt in einer mit Flüssigkeit erfüllten Höhle ein dunklerer und homogener Binnenkörper, der dieselbe fast völlig erfüllt. Manchmal, namentlich nach Färbung, sah ich mit ziemlicher Deutlichkeit viele zarte Fasern von dem Binnenkörper entspringen und sich in der äussern, körnigen Zone verlieren (Taf. XIV. Fig. 10). Nach Behandlung mit Essigsäure verdichtet sich diese äussere Zone beträchtlich und nimmt häufig sehr deutlich das perlschnurartige, gekörnte Aussehen der Kernhülle vieler ächter Zellkerne an*).

*) Ich füge hier einige Bemerkungen über den Bau der Kerne von *Actinosphaerium Eichhorni* und der *Amoeba princeps* bei, von welchen die ersteren sehr interessante Beziehungen zu den oben beschriebenen Kernen des *Loxodes* und gewissen Zuständen der Umbildung der *Nucleoli* mancher Infusorien während der Conjugation zeigen.

Die Kerne des *Actinosph.* zeigen nach Behandlung mit 1% Essigsäure immer eine ziemlich dicke, dunkelglänzende Hülle von derselben materiellen Beschaffenheit wie die Binnenkörper. Häufig zeigt diese Hülle das schon früher für die Kerne der rothen Blutkörperchen etc. geschilderte, knotige Aussehen. Die Binnenkörper, welche gewöhnlich als Kernkörper bezeichnet werden, repräsentiren sich nach Behandlung mit Essigsäure in sehr verschiedner Weise. Häufig findet sich nur eine centrale Masse von unregelmässigen Umrissen und fein- bis grobgranulirter Beschaffenheit oder diese Masse ist mehr verdichtet und ziemlich homogen; andrerseits zerfällt sie häufig in eine mehr oder weniger bedeutende Zahl kleinerer Massen oder Körper, welche die schon früher häufig gesehenen Zustände mit multiplen *Nucleoli* repräsentiren. Einige Male stiess ich auch auf Thiere, bei welchen die Binnenkörper die Kernhülle nahezu völlig ausfüllten. (Vergl. Taf. XIV. Fig. 11—14). Bei genauem Zusehen lässt sich fast immer constatiren, dass von der Binnenmasse der Kerne eine grosse Menge zarter Fäden entspringen, die allseitig radial nach der dunklen Hülle ausstrahlen und sich mit dieser verbinden (vergl. die ähnlichen Entwicklungszustände der *Nucleoli* von *Stylonichia Mytilus* und *Bursaria truncatella*, sowie die interessanten Kernformen, die Eimer bei Beroë beschrieb, Zool. Stud. auf Capri I. T. VIII, fig. 82 b, c). Mehrfach glaubte ich mich mit Sicherheit noch von einer besonderen, sehr zarten Kernmembran überzeugt zu haben, welche die dunkle Hülle äusserlich umgibt. (Ueber die früheren Beobachtungen der Kerne von *Actinosph. Eichhorni* vergl. namentlich Greeff, Arch. f. mikr. Anatomie Bd. III. p. 396; Hertwig und Lesser [76], sowie F. E. Schultze [84]).

Ein zweiter Punkt, bezüglich dessen ich mich mit Wrzesniowski nicht in Uebereinstimmung befinde, ist der Zusammenhang der zahlreichen Kerne des *Loxodes* untereinander. Er beschreibt einen feinen Verbindungsstrang zwischen den einzelnen Kernen, der sich mittels ammoniakalischer Carminlösung nicht, dagegen durch Jodlösung färben lasse. Stein (68) und selbst Balbiani (66), welch' letzterer doch sonst überall die verbindenden Stränge zwischen den Kernen gesehen haben will, geben an: dass sie bei *Loxodes Rostrum* vergeblich darnach gesucht haben. Ich gab mir viele Mühe bei unserem Thier etwas von dieser Verbindung der Kerne nachzuweisen, doch ist mir dies weder durch Zerfliessenlassen des Thieres, noch durch Färbung geglückt; die Kerne sind immer ganz isolirt von einander.

Hingegen habe ich bei den Stylonichien, wo Balbiani die beiden Kerne in einem gemeinsamen Schlauch eingeschlossen sein lässt, vielfach mit Deutlichkeit einen sehr zarten, verbindenden Strang zwischen den Kernen gesehen, der in einer Fortsetzung ihrer Kernhüllen bestand (Taf. XV. Fig. 4). Obgleich sich nun dieser Verbindungsstrang nicht in allen Fällen wahrnehmen lässt, so zweifle ich dennoch nicht, trotz der entgegenstehenden Angaben Stein's, dass derselbe eine regelmässige Erscheinung ist, welche uns eine Erklärung für die Verschmelzung der beiden Kerne vor der Theilung gibt.

Balbiani (64) hat zuerst eingehender gezeigt, dass die beiden Nuclei der Oxytrichinen mit dem Eintreten der Theilung zu einem einzigen Nucleus verschmelzen, ebenso wie sich die mannigfaltig gestalteten, langgestreckt band- oder rosenkranzförmigen Nucleusformen der Vorticellinen, Euplotinen, Spirostomen, Stentoren etc. in Vorbereitung zu der Theilung zu einem mehr oder weniger abgerundeten Körper concentriren. Stein zieht die Regelmässigkeit dieses Vorgangs bei

---

Die Kerne der *Amoeba princeps* Ehrbg. repräsentiren uns einen anderen Typus; dieselben zeigen, wie schon durch die Untersuchungen von Wallich und Carter bekannt ist (89 u. 90), eine sehr zarte, jedoch ungemein deutliche Hülle, von derselben gleichmässigen und zarten Beschaffenheit wie die Hülle der *Nuclei* und *Nucleoli* vieler Infusorien. Nach Isolirung der Kerne in Wasser hebt sich diese, schon im lebenden Organismus sehr bemerkliche Hülle ab und ist ungemein leicht sichtbar. Dicht unterhalb dieser Hülle findet sich eine Zone eigentlicher Kernsubstanz, welche nach Zusatz von Essigsäure (1%) tief dunkel und glänzend wird; sie ist zu unregelmässigen Knötchen und Fädchen verdichtet und local angeschwollen. Das eigentliche Kerninnere wird von Flüssigkeit erfüllt. (Vergl. die Taf. XII, Fig. 19—20). Nur einmal traf ich ein Thier, dessen mittelgrosse Kerne noch einen centralen, sehr ansehnlichen dunklen und fein granulirten Binnenkörper enthielten. Ihrem Bau nach schliessen sich diese Kerne wohl zunächst an die der *Amoeba terricola* und *violacea* Greeffs an (vergl. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. III. p. 299. Taf. XVII und XVIII); man vergleiche jedoch auch die später zu schildernden *Nucleoli* von *Nassula ornata* Ehrbg. und *Trachelius ovum*, sowie die früher gegebene Schilderung der Kerne der rothen Blutkörperchen von Rana und Triton. Die dunkle Kernhülle dieser letzteren entspricht ohne Zweifel der Zone der eigentlichen Kernsubstanz der beschriebnen Amoebenkerne, was mich in der früher ausgesprochenen Ansicht bestärkt, dass auch ein Homologon der zarten äussern Hülle der Kerne von *Amoeba princeps* bei denen der Blutkörperchen sich finde.

den Oxytrichinen mit Unrecht in Zweifel (68). Er hat selbst zuerst (67) diese Verschmelzung der beiden Nuclei bei *Stylonichia Mytilus* nachgewiesen, glaubte aber, dass dieser Process die Einleitung zu der Bildung einer besonderen Varietät einkerniger Thiere, einer Geschlechtsgeneration, sei. Er habe nämlich daneben auch eine Art der Theilung beobachtet, wo sich jeder Nucleus besonders theile. Das von Stein jedoch abgebildete Thier (67; Taf. VI. Fig. 4) mit zwei sich theilenden Nuclei scheint mir keineswegs beweisend zu sein, denn gewöhnlich findet die Verschmelzung der Nuclei schon zu einer Zeit statt, wo äusserlich von einer Einschnürung des Leibes der *Stylonichia* noch gar nichts zu sehen ist, so dass also die in Fig. 4 abgebildeten in Theilung begriffenen Nuclei eines Thieres, das schon eine deutliche, wiewohl schwache Einschnürung zeigt, wohl erst durch Theilung des verschmolzenen, einfachen Nucleus entstanden sein können. Abnorm hingegen ist die Fig. 3 Taf. VI bei Stein (67), denn ich fand regelmässig bei so weit fortgeschrittener Theilung nie mehr einen einfachen verschmolzenen Nucleus, wie ihn diese Abbildung zeigt, sondern immer schon die vier Nuclei der beiden Theilsprösslinge. Diese Auslegung der Stein'schen Beobachtungen ist mir um so wahrscheinlicher, da Stein, als er seine Untersuchungen anstellte, sich über die Bedeutung des Verschmelzungsprocesses der Nuclei nicht klar war. Alle von mir gesehenen Theilungszustände von *Stylonichia* bestätigten hinsichtlich des Verhaltens des Nucleus die Balbiani'sche Darstellung dieses Vorganges; dagegen sah ich nie eine Form, welche die Annahme unabweisbar gemacht hätte, dass, wie Stein will, die beiden Nuclei sich auch ohne vorherige Vereinigung zu theilen vermöchten.

Eine höchst interessante, bislang kaum betonte Erscheinung zeigt sich jedoch bezüglich der feinen Structur der in Theilung begriffenen Nuclei einer Reihe von Infusorien. Wie schon seit früher bekannt, ist der Nucleus der Stylonichien während seiner Theilung durch seine ganze Masse hin gleichmässig; schon Stein bemerkt (67; pag. 154), dass die queren Höhlen den in der Theilung begriffenen Nuclei fehlten; auch zeigen seine sämmtlichen Abbildungen von in Theilung begriffenen Stylonichien, dass sich während dieses Vorgangs keine Einschlüsse irgend welcher Art im Kern finden. Dagegen ist nun aber der durch die Verschmelzung der beiden früheren Nuclei hervorgegangene, zur Theilung sich anschickende Nucleus auch nicht gleichmässig feinkörnig, sondern er besitzt eine sehr feinfaserige, jedoch recht deutliche Structur, welche von der, nach Zusatz von Essigsäure, grobkörnigen Structur der gewöhnlichen Nuclei sehr auffallend abweicht. Diese sehr eigenthümliche Structur der Nucleussubstanz erhält sich in gleicher Deutlichkeit bis die Theilung des einfachen Nucleus zu den vieren der beiden zukünftigen Thiere vollzogen ist (Taf. XV. Figg. 5—6). Wenn der Zerfall in zwei Theilstücke schon vor sich gegangen ist, sah ich dieselben mehrfach noch sehr deutlich durch einige solcher

Nucleusfasern in Zusammenhang stehen (Taf. XI. Fig. 1—2). Die einzelnen Theilstücke gleichen in ihrem Aussehen häufig völlig einem verworrenen Knäuel Bindfaden. Nach vollendeter Theilung verschwindet diese Structur wieder und macht der gewöhnlichen Platz.

Ganz dasselbe zeigt nun auch der Kern von *Param. Bursaria* während seiner Theilung. Von den früheren Einschlüssen ist gar nichts mehr sichtbar, der ganze Kern ist gleichmässig und sehr fein längsfaserig (Taf. IX. Fig. 6). Das gleiche Verhalten zeigt dann ebenso der Kern des *Param. putrinum* während seines im Gefolge der Conjugation eintretenden Zerfalles. Vortrefflich und auch am lebenden Thier ist die faserige Structur des Nucleus der Vorticellen während der Theilung zu beobachten (z. B. bei *Vorticella nebulifera* und *Carchesium polypinum*). Doch deuten auch einige frühere Beobachtungen darauf hin, dass diese Structur den in Theilung begriffenen Nuclei der Infusorien allgemeiner zukommt. So bemerkt Balbiani (66), dass der Nucleus von *Urostyla grandis* während der Theilung ein eigenthümliches längsgestreiftes Aussehen habe, welches er auf Faltungen seiner Membren zurückführt; ebenso bemerkt auch Stein, dass er bei *Urostyla grandis* mehrmals bei einem in der Quertheilung begriffenen Individuum einen Nucleus beobachtet habe, »der aus einer sehr lichten, fein und dicht wellenförmig gestreiften und gekräuselten Substanz bestand« (67; pag. 199, Taf. XIII. Fig. 10). Von *Didinium nasutum* berichtet Engelmann: »bei der Quertheilung von *Didinium* nimmt der Kern eine langgestreckte Gestalt an, rückt in die Längsaxe des Thieres und erhält ein ganz längsstreifiges Aussehen, etwa wie die Nucleolus der Oxytrichinen und der Nucleus von *Urostyla grandis* während der Quertheilung. Nach der Quertheilung verschwinden die Streifen wieder.« (110, pag. 376.)*)

Dass nun hier ein ganz allgemein verbreitetes Verhalten vorliegt, ergibt sich mit Sicherheit daraus, dass ich ganz dieselbe Umwandlung der körnigen Nucleussubstanz in eine verworren fasrige auch bei der Bildung des Schwärmsprösslings der *Podophrya quadripartita* Cl. und L. beobachtet habe, wo ein Theil des faserigen Nucleus sich abschnürt und zum Nucleus des Schwärmsprösslings wird. Hier liess sich der Umwandlungsprocess des Nucleus am lebenden Thier genau verfolgen und constatiren, dass die feinen Nucleuskörner in die Fasern auswachsen.**) Nur bei dem ganz gleichmässig feinkörnigen Nucleus von *Param. Aurelia* habe ich bis jetzt die faserige Structur während der Theilung nicht finden können.

---

*) Balbiani gibt in seiner neuen Arbeit über *Didinium nasutum* (101) nichts von einer derartigen Structur des Nucleus an; jedoch hat er wohl seine Aufmerksamkeit nicht speciell auf diesen Punkt gerichtet.

**) Vergleiche die nähere Darstellung dieser Vorgänge in der Jenaischen Zeitschr. für Med. u. Naturwissenschaften. 1876. »Ueber die Entstehung des Schwärmssprösslings der *Podophrya quadripartita*.« Auch bei *Arineta mystacina* Ehrbg. habe ich die gleiche Metamorphose der Nucleussubstanz während der Theilung beobachtet.

Diese Umwandlung der Nucleusstructur während der Theilung ist um so interessanter, als sich ja eine faserige Differenzirung auch bei der Theilung der sogenannten Nucleoli der Infusorien zeigt und wir fernerhin eine Faserbildung bei der Theilung ächter Zellkerne eine so merkwürdige Rolle haben spielen sehen.

Die sogenannten Nucleoli der Infusorien, die männlichen Geschlechtszellen Balbiani's und auch nach Stein die Organe für die Entwicklung der Spermatozoën, sind bei den Infusorien bei weitem nicht so allgemein nachgewiesen, als dies für die Nuclei der Fall ist. Diese Thatsache hat übrigens von vornherein nichts so Auffallendes, wenn man die grossen Hindernisse in Betracht zieht, welche sich der Auffindung so kleiner, durch keine besonders auffallenden Charactere ausgezeichneter und mit sonstigen Inhaltstheilen des Infusorienplasmas leicht zu verwechselnder Körperchen entgegenstellen. Erleichtert wird ihre Auffindung meist durch den Umstand, dass sie dem oder den Nuclei gewöhnlich dicht anliegen oder sogar etwas in dieselben eingesenkt sind. Sollte es jedoch bei gewissen Infusorien der Fall sein, dass sie in dem Plasma zerstreut sind und dies ist in der That so, so muss es sehr schwer sein, diese unscheinbaren Körperchen aufzufinden und sie von anderen zufälligen Einschlüssen des Plasmas zu unterscheiden.

Ueber das Vorkommen der Nucleoli sind daher die verschiedenen Beobachter auch keineswegs einig. Stein führt eine sehr stattliche Reihe von Infusorien auf, bei denen es ihm nicht geglückt ist einen Nucleolus zu finden, bei welchen jedoch zum Theil Balbiani und Engelmann die Nucleoli beobachtet haben.

In erster Reihe fungiren hier die Vorticellen; unter diesen hat Balbiani bei *Epistylis grandis* und *digitalis*, *Opercularia nutans*, *Carchesium polypinum* und *Cothurnia imberbis* den Nucleolus erkannt (66). Stein (68) glaubt aus verschiedenen Gründen die Existenz eines Nucleolus bei den Vorticellen in Abrede stellen zu müssen; bei *Carchesium polypinum*, *Epistylis digitalis* und *Opercularia nutans* konnte er keinen Nucleolus finden. Dem entgegen stehen jedoch die Angaben eines so vortrefflichen Beobachters wie Engelmann (110; p. 368), der bei *Carchesium polypinum*, *Epistylis flavicans* und *digitalis*, sowie *Vorticella Convallaria* den Nucleolus mit Sicherheit auffinden konnte. Auch Kölliker hat den Nucleolus einer Vorticelle beschrieben und abgebildet (92; p. 18. Taf. I. Fig. 21).

In den neueren Arbeiten von Greeff (73) und Everts (74) über Vorticellen wird eines Nucleolus mit keinem Wort erwähnt.*) Ich habe den Nucleolus mit völliger Sicherheit bei

*) In seiner Mittheilung in den Sitzungsberichten der niederrheinischen Gesellschaft zu Bonn 1870, p. 197 hebt Greeff ganz besonders hervor, dass sich bei *Epistylis flavicans* kein Nucleolus finde; derselbe ist jedoch bei dieser Vorticelline am allerleichtesten nachweisbar.

allen Vorticellen, die ich bis jetzt näher zu untersuchen Gelegenheit hatte, zu constatiren vermocht, so bei *Vorticella nebulifera*, *Carchesium polypinum*, *Epistylis plicatilis*, *flavicans* und *digitalis*, sowie *Opercularia articulata*.*)

Bei *Spirostomum ambiguum* und *Trachelius ovum*, bei welchen Infusorien nach Balbiani die Nucleoli erst in Folge der Conjugation sich entwickeln sollen, habe ich ihre Gegenwart auch in den nicht conjugirten Thieren erkannt. Ich fand sie ferner bei *Bursaria truncatella*, *Loxophyllum meleagris* und einem grossen *Dileptus* mit rosenkranzförmigem Nucleus, den ich für eine Varietät des *Dileptus gigas* Clap. und Lachm. halte. Für *Loxodes*, wo Stein die Nuclei gleichfalls vermisste, kann ich den durch Wrześniowski gelieferten Nachweis bestätigen.

Balbiani sieht eine Regelmässigkeit darin, dass jedem einfachen Nucleus oder jedem Glied eines rosenkranzförmigen Nucleus ein besonderer Nucleolus entspreche, wie er denn überhaupt von der Gleichmässigkeit der Ausbildung der beiden Geschlechtsapparate überzeugt ist und auf diese Voraussetzung hin auch annimmt, dass die sämmtlichen Nucleoli eines Infusors in einem gemeinsamen Schlauch eingeschlossen seien.

Eine solche Regelmässigkeit im Sinne Balbiani's existirt aber keineswegs, worauf schon einige Beobachtungen Engelmann's deutlich hinweisen. Dieser Forscher fand dem einfachen Nucleus von *Cyrtostomum leucas* constant drei Nucleoli anliegen. Ich kann das Vorkommen mehrfacher Nucleoli bei diesem Infusor bestätigen, jedoch herrscht hinsichtlich der Zahl derselben

---

*) Nach Leydig sollen sich in der Rindenschicht des Vorticellenleibes eine grosse Anzahl sehr kleiner Nuclei finden (Vergl. »Vom Bau des thierischen Körpers.« Tübingen 1864, p. 17 u. f.). Diese Körperchen sind mir wohlbekannt, sie finden sich in einer einfachen Schicht in dem dünnen Ectoplasma, dessen Hauptbestandtheil sie bilden. Dass sie jedoch ganz und gar nichts mit Kernen zu thun haben, kann keiner Frage unterliegen, wie dies auch schon die Ansicht Greeff's ist (73). Unter sich sind diese Körperchen nämlich nicht isolirt, sondern stehen durch zarte Fädchen in Verbindung, so dass eine Einrichtung erzielt wird, die sehr an den von Heitzmann beschriebenen Bau des Protoplasma's erinnert. Dazwischen sieht man noch hie und da derartige Fädchen auf längere Strecken isolirt verlaufen, die Muskelfasern Greeff's. Soweit ich mir bis jetzt durch eigene Untersuchungen ein Urtheil zu bilden vermochte, stehen sowohl diese Körperchen als auch die Fädchen mit der Contractionsfähigkeit des Ectoplasma's in Zusammenhang.

Leydig hat übrigens noch ganz neuerdings (Vergl. Arch. für mikrosk. Anatomie, Bd. 12 p. 230) seine früheren Ansichten hinsichtlich dieser Ectoplasmakörperchen der Vorticellen wiederholt und zu einigen sehr bedenklichen Vergleichen der Rindenschicht des Infusorienkörpers und des Ectoderms der zelligen Thiere verwerthet.

Viel eher könnte man das Vorkommen von echten Kernen im Ectoplasma der Vorticellen desshalb vermuthen, weil sich darin bei *Epistylis flavicans*, wie ich bestätigen kann, echte Nesselkapseln finden, wenn man nämlich ein Anhänger der Ansicht ist, dass die Nesselkapseln sich aus Kernen entwickeln, was mir jedoch nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen sehr unwahrscheinlich dünkt.

keine Regelmässigkeit; bei grossen Thieren fand ich drei, vier, ja einmal sogar acht sehr deutliche Nucleoli. (Taf. IX. Fig. 18.)

Bei *Nassula ornata* Ehrbg. finden sich drei bis vier Nucleoli, dem einfachen Kern anliegend (Taf. IX. Fig. 19). Die grösste Zahl von Nucleoli bei einem einfach bandförmigen Nucleus zeigten jedoch *Trachelius ovum* und *Bursaria truncatella;* bei ersterem Thier fand ich zweimal 9 sehr deutliche Nucleoli in der nächsten Umgebung des Kernes; bei letzterem hingegen konnte ich bis 15 auffinden.

Die von Engelmann gemachte Beobachtung, dass den beiden Kernen von *Trachelophyllum apiculatum* Clap. und Lachm. je zwei Nucleoli anliegen, kann ich bestätigen.

Wie veränderlich die Zahl der Nucleoli bei den Stylonichien ist, geht schon aus Engelmann's Untersuchungen hervor; bald trifft man nur einen Nucleolus zwischen den beiden Kerngliedern, bald je einen an jedem Nucleusglied, bald zwei; zuweilen an dem einen Nucleus zwei, am anderen einen. Einmal fand ich riesige Exemplare von *Stylonichia Mytilus*, von welchen mehrere Thiere je drei Nucleoli neben jedem Nucleus zeigten, ein sehr grosses Thier enthielt dagegen drei Nucleusstücke und nicht weniger als zehn Nucleoli. Engelmann gibt an, bei *Urostyla Weissei* zwischen zwei bis acht Nucleoli gefunden zu haben, ich sah ein Thier mit sechs Nucleoli. Wir sehen also, dass die sogenannten Nucleoli hinsichtlich ihrer Zahl keine durchgreifende Regelmässigkeit zeigen, wie sehr auch eine solche bis zu einem gewissen Grad herrschend ist.

Bei *Spirostomum ambiguum* sind die Nucleoli kleine, dunkle, etwa bohnenförmige, den Kerngliedern dicht anliegende Körperchen; ihre Zahl lässt sich schwer feststellen, jedoch scheint dieselbe bedeutend geringer, als die der Glieder der Nucleuskette zu sein; einmal zählte ich auf 27 solcher Glieder fünf bis sechs Nucleoli, ein anderes Mal fand ich im Ganzen acht. Aehnlich verhalten sich die Nucleoli von *Loxophyllum Meleagris* zu dem rosenkranzförmigen Nucleus. Bei dem grossen *Dileptus gigas* (?) hingegen mit rosenkranzförmigem Nucleus, der einige 30 Glieder zählte, war fast jedes der Glieder mit zwei Nucleoli ausgestattet.

Bei *Stentor coeruleus* habe ich mich jedoch bis jetzt vergeblich bemüht einen Nucleolus zu finden.

In Betreff des Baues der Nucleoli habe ich nun noch einiges hervorzuheben. Die meisten Nucleoli zeigen nach ihrer Isolation in Wasser sehr deutlich eine sich abhebende Membran, von derselben Beschaffenheit wie die des Nucleus; andere hingegen, so namentlich die von *Stylonichia*, lassen von einer solchen Membran nichts unterscheiden. Diese letzteren sind auch gleichzeitig die am meisten verdichteten; schon am lebenden Thier erscheinen sie dunkel und homogen,

nach ihrer Isolation nehmen sie ein dunkel-glänzendes Aussehen an und widerstehen selbst der Einwirkung concentrirter Essigsäure in hohem Grade, was ihre Auffindung häufig sehr erleichtert.

Die mit Membran versehenen Nucleoli lassen zuweilen schon im lebenden Thier erkennen, dass diese von der eigentlichen Nucleolusmasse durch einen schmäleren oder breiteren, sehr lichten Hof getrennt ist. Sehr ausgezeichnet sah ich dies z. B. bei *Vorticella nebulifera*, (Taf. X. Fig. 32) weniger deutlich bei *Paramaecium Bursaria* und *Pleuronema Chrysalis*. Die von dieser Membran umschlossene Nucleolusmasse ist nun gewöhnlich ein dichter, granulirter oder längsstreifiger und meist etwas langgestreckter Körper, der, wie sich mehrfach sehr deutlich bemerken liess, dieser Membran an einer Stelle angeheftet ist. Am schönsten sah ich dieses Verhalten bei den verhältnissmässig so grossen Nucleoli von *Param. Aurelia* und *Bursaria*, ausserdem jedoch noch bei *Colpidium Colpoda* und *Pleuronema Chrysalis*; es mag wohl verbreiteter sein, jedoch ist es natürlich bei sehr kleinen Nucleoli nicht leicht festzustellen. Der an der Membran anhängende eigentliche Nucleoluskörper von *Param. Aurelia* und *Bursaria* (Taf. IX. Fig. 3) zeigt nun nach Wassereinwirkung eine körnige und namentlich bei *Param. Bursaria* zugleich eine höchst deutliche, streifig-faserige Beschaffenheit; *) auch lässt sich nachweisen, dass ein kleiner Theil seiner Masse, nämlich diejenige Partie, mittels welcher er der Membran angeheftet ist, sich durch seine helle, körnerfreie Beschaffenheit von dem übrigen Körper des Nucleolus unterscheidet (s. Taf. XV. Fig. 7).

Diejenigen Nucleoli, bei welchen ich eine Anheftung des eigentlichen Körpers an die Membran nicht habe beobachten können, besitzen nun entweder gleichfalls einen nahezu homogenen, dichten und dunklen bis schwach granulirten Nucleoluskörper oder aber derselbe hat seine dichte Beschaffenheit gegen eine viel lockerere, leicht granulirte vertauscht, so z. B. bei *Trachelophyllum appiculatum*. Bei *Trachelius ovum* und *Nassula ornata* hingegen hat er die Gestalt eines hohlen, von einigen Körperchen und Granula durchzogenen Bläschens angenommen (Taf. IX. Figg. 21—22). Die abweichendste Formation der Nucleoli traf ich bei *Bursaria truncatella*; dieselben haben hier nahezu den Bau der früher geschilderten Kerne von *Loxodes Rostrum*. Es besteht nämlich ein jeder aus einer etwas helleren Aussenzone und einem darin excentrisch gelegenen,

*) Schon Balbiani (63) hat diese streifige Beschaffenheit beobachtet und gut abgebildet. Er bemerkt (p. 349), dass diese Streifung in dem Nucleolus fast zu allen Epochen seines Lebens existire (s. Taf. IV fig. 2 u. 3). In seiner Hauptarbeit (66) erwähnt er hiervon nichts, wohl desshalb, weil es ihm darauf ankam, die im Verlauf der Conjugation auftretende streifige Differenzirung der Nucleolussubstanz, als etwas ganz besonderes nachzuweisen.

dunklen Binnenkörper, der nach Wassereinwirkung wenigstens in einer besonderen Höhle liegt; die äussere Zone wird durch die Wirkung des Wassers gewöhnlich sehr weit vom Binnenkörper abgehoben und membranartig verdünnt. Eine besondere umhüllende Membran fand ich jedoch nicht, sonst wäre die Uebereinstimmung mit den Kernen von *Loxodes* vollständig (Taf. XI. Fig. 20—21).

Es bleibt uns nun noch eine Betrachtung der Theilungsvorgänge der Nucleoli übrig. Durch die Untersuchungen von Balbiani und Stein ist es bekannt, dass die Quertheilung der Nuclei und Nucleoli nahezu gleichen Schritt hält. Die Untersuchung dieses Theilungsvorganges, namentlich bei den Stylonichien und Paramaecien, hat ergeben: dass sich jeder Nucleolus vor seiner Theilung vergrössert und ein streifiges Aussehen erlangt. Nach den, auch in dieser Hinsicht bahnbrechenden Untersuchungen Balbiani's zerfällt hierauf der so veränderte Nucleolus durch einfache Theilung in zwei, die, durch das Auswachsen der sie noch gemeinsam umhüllenden Membran zu einem langen Schlauch, allmälig von einander getrennt werden. Schliesslich gehen die Membran und die eigentliche Nucleolusmasse eine Rückbildung ein, worauf die völlige Trennung der jungen Nucleoli und die Rückkehr in ihre frühere Formation stattfindet (vergl. 64).

Stein hat die streifige Beschaffenheit der Nucleoli von *Stylonichia* vor ihrer Theilung zuerst beobachtet, jedoch von den weiteren Theilungsstadien nichts gesehen (67); späterhin gab er eine gute Abbildung eines in Theilung begriffenen Nucleolus von *Balantidium entozoon* (68; Taf. XIV. Fig. 2). Auch Köllicker hat schon 1864 (92; Taf. II. Figg. 1, 2 und 3) eine Anzahl Abbildungen von Theilungszuständen des *Param. Aurelia* gegeben, welche die Balbiani'sche Darstellung bestätigten. Ich habe die Theilung der Nucleoli bis jetzt hauptsächlich bei *Stylonichia Mytilus* verfolgt und muss auch die Angaben Balbiani's im Allgemeinen völlig bestätigen; bei *Param. Aurelia* gelang es mir jedoch bis jetzt trotz vieler Mühe nicht diesen Vorgang genauer zu studiren. Im Princip stimmt die Vermehrung der Nucleoli durch Theilung während der gewöhnlichen Quertheilung der Infusorien vollständig mit der späterhin näher zu beschreibenden Vermehrung dieser Körper während der Conjugation überein. Diese Uebereinstimmung aber war es, die Balbiani sehr ungelegen kam, da ja die Umwandlungsprocesse der Nucleoli während der Conjugation zur Bildung von Samenkapseln führen sollten; er sucht daher auch der streifig-faserigen Differenzirung der Nucleoli während der gewöhnlichen Quertheilung eine Deutung unterzulegen, welche sie sicherlich nicht hat. Diese Streifung soll nämlich von »côtes ou de parties plus épaissies de la membrane d'enveloppe« herrühren, welche durch die Volumvermehrung des Nucleolus sichtbarer würden (66; pag. 129).

Betrachten wir uns jedoch die in Theilung begriffenen Nucleoli von *Stylonichia Mytilus*

(Tab. XI. Fig. 1 u. Tab. XV. Figg. 5—6) und den in Vorbereitung zur Theilung metamorphosirten Nucleolus von *Carchesium polypinum* (Tab. X. Figg. 29—30), so werden wir die Ueberzeugung gewinnen, dass die gesammte Nucleolussubstanz in streifiger Differenzirung begriffen ist, und dass, wie gesagt, diese Theilungsvorgänge der sogenannten Nucleoli sich völlig an die während der Conjugation statthabenden und wie späterhin noch näher zu besprechen sein wird, auch an die Theilungsprocesse ächter Zellkerne anschliessen. Bei den Paramaecien sehen wir die Nucleolusmasse ja schon im gewöhnlichen Zustande streifig differenzirt, was noch als Stütze der oben ausgesprochenen Ansicht herangezogen werden kann.

An diesem Ort schliessen sich vielleicht am besten einige Bemerkungen über die Theilung des merkwürdigen *Loxodes Rostrum* an, welches Infusor in dieser Hinsicht ganz abweichende und sehr eigenthümliche Verhältnisse zeigt. Die grossen, braungefärbten Exemplare dieser Art enthalten bekanntlich zahlreiche Kerne, ich zählte bis 26; gewöhnlich findet man jedoch Thiere der verschiedensten Grösse neben einander, von welchen die ganz kleinen hellen, welche Engelmann als eine besondere Art, *Drepanostoma striatum*, beschrieben hatte (110), nur sehr wenige Nuclei einschliessen. Das merkwürdigste ist jedoch, dass man die Thiere auf jeder Grössenstufe in Theilung trifft. Je kleiner die Thiere sind, desto geringer ist die Zahl ihrer Nuclei und Engelmann hat ganz richtig bei seinem *Drepanostoma* nur zwei Nuclei und Nucleoli angegeben. Die Nuclei und Nucleoli entsprechen sich in ihrer Zahl durchschnittlich. Während der Theilung zeigt sich nie eine Veränderung an den Nuclei und Nucleoli, weder eine Spur von Verschmelzung noch Theilung. Die eine Hälfte der Nuclei und Nucleoli wird einfach in das eine, die andere in das andere Thier hinüber genommen. Es fragt sich nun aber: wie geschieht eigentlich die Vermehrung der Nuclei, da ich auch in gewöhnlichen Thieren auf Zustände, welche eine allmälige Zunahme derselben durch Theilung verrathen hätten, nie stiess. Hinsichtlich dieser Frage bin ich nun zu einer etwas eigenthümlichen Vermuthung gekommen, die ich keineswegs ganz sicher zu begründen vermag, welche ich aber dennoch mittheilen will, weil sie mit anderen später zu besprechenden Resultaten in sehr naher Beziehung steht, ich aber ganz vorurtheilsfrei und nicht durch diese späteren Erfahrungen beeinflusst, zu jener Vermuthung über die Vermehrung der Kerne von *Loxodes* kam.

Ich traf selbst sehr kleine Individuen von *Loxodes* mit nur einem Kern und Nucleolus an, wie diese ja aus den Theilungszuständen der Zweikernigen, die man häufig zu beobachten Gelegenheit hat, direct hervorgehen. Ausserdem trifft man jedoch auch Individuen mit einem Kern und zwei dicht daneben liegenden Nucleoli; ferner sieht man häufig solche, die zwei dicht zusammenliegende Nuclei enthalten, zwischen welchen ein Nucleolus eingepresst liegt.

Diese beiden Kerne nun sind häufig nicht von gleicher Grösse, der eine bleibt hinter der gewöhnlichen Grösse der Kerne bedeutend zurück. Meine Vermuthung geht nun dahin, dass sich aus den Formen mit einem Kern und zwei daneben liegenden Nucleoli durch Wachsthum und weitere Differenzirung des einen Nucleolus die Formen mit zwei ungleich grossen Kernen und dazwischen liegendem Nucleolus hervorbilden; dass also die Kerne bei unserem *Loxodes* sich aus den Nucleoli hervorbilden, die sich ihrerseits wohl durch Theilung vermehren. Hierdurch würde sich denn auch die Erscheinung erklären, dass die Kerne unseres Thieres noch eine sehr auffallende Aehnlichkeit mit den oben geschilderten Nucleoli von *Bursaria truncatella* besitzen.

Ob ich ganz richtig geschlossen habe, muss eine erneute Untersuchung entscheiden.

5. Abschnitt. Spezielle Beschreibung des Verhaltens der Nuclei und Nucleoli der beobachteten Infusorien während und nach der Conjugation.

A. Untersuchungen an *Paramaecium Bursaria* Ehrbg.

Taf. VII. Figg. 1—19.

Diese Art war es, an welcher Balbiani im Jahre 1858*) die ersten Beobachtungen über die Conjugation anstellte, gestützt auf welche er sofort die Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung entwickelte; späterhin scheint er *Param. Bursaria* nicht wieder eingehend studirt zu haben, was sehr zu bedauern ist, da dieses Infusor am geeignetsten erscheint, um jene Lehre gründlich zu widerlegen. Es hätte unserer Wissenschaft eine ziemlich lang herrschende, falsche Ansicht erspart werden können, wenn diese Art von Balbiani in der späteren Zeit seiner Untersuchungen, wo er sich jedenfalls eine sehr grosse Geschicklichkeit in der Anstellung derartiger Beobachtungen erworben hatte, von neuem berücksichtigt worden wäre. Ausser Stein hat dann fernerhin auch Engelmann (110) einige Beobachtungen über die Conjugation von *Param. Bursaria* mitgetheilt.

Unsere Art eignet sich denn auch vorzüglich zur Untersuchung der hier in Frage kommenden Verhältnisse; hätte ich das Glück gehabt Conjugationszustände derselben schon zu Anfang meiner Untersuchungen aufzufinden, so wäre auch ich von vielen irrthümlichen Anschauungen bewahrt geblieben; so jedoch traf ich erst gegen Ende meiner Untersuchungen eine Fundstätte, welche mir das Thier in reichlicher Menge, sowie zahlreiche Conjugationszustände lieferte.

*) Zuerst mitgetheilt im Compt. rend. de l'Academie 1858; später ausführlich 63.

Schon Stein hebt hervor, dass sich unsere Art wegen der Leichtigkeit, mit welcher man sie zum Zerfliessen bringen kann, zur Untersuchung der Veränderungen am Nucleus und Nucleolus sehr empfiehlt; ausserdem hat sie jedoch noch den Vorzug, dass sie sich sehr leicht züchten lässt und selbst unter dem Deckgläschen in der feuchten Kammer sich häufig Tage lang erhält, was fortlaufende Untersuchungen am lebenden Thier ohne Schwierigkeit und besser als bei irgend einem von mir beobachteten Infusor gestattet, da sich Nucleus und Nucleolus schon bei einiger Pression mit ziemlicher Deutlichkeit studiren lassen. Fernerhin sind aber die Veränderungen des Nucleus und Nucleolus hier verhältnissmässig so einfacher Natur, dass sie sich leicht und sicher übersehen lassen.

Balbiani und Stein aber befanden sich in einem fundamentalen Irrthum hinsichtlich des Schicksals des Nucleus und der Nucleoli, der sie verhinderte, die wahre Bedeutung der sich abspielenden Vorgänge zu erfassen.

Nach Balbiani soll die Dauer der Conjugation bei unserer Art fünf bis sechs Tage betragen, welche Angabe ich mir nicht recht erklären kann, da ich bei den von mir im Mai beobachteten Conjugationszuständen mit Sicherheit nur auf eine Dauer von 24—48 Stunden schliessen konnte, da sich die an einem Tage isolirten Paare, welche sicher erst vor kurzer Frist sich vereinigt hatten, schon im Laufe des folgenden Tages fast sämmtlich wieder getrennt hatten. Auch bei *Param. Aurelia* fand ich die Conjugationsdauer viel kürzer, als Balbiani angibt.

Vorerst muss ich nun hervorheben, dass sich bei unserer Art der Nucleus während der gesammten Conjugationsdauer nicht verändert; nur seine feinere Structur zeigt darin eine Umänderung, dass die früheren Einschlüsse sich zum grössten Theil allmälig zu verlieren scheinen, so dass derselbe gewöhnlich ein gleichmässig feinkörniges Wesen annimmt und nur hie und da locale, schwache Verdichtungen und Anhäufungen dunkler Körnchen zeigt. Aber auch nach aufgehobener Conjugation findet kein Zerfall des Nucleus statt, keine von demselben ausgehende Ei- oder Keimkugelbildung, wie die früheren Forscher behaupteten; er verharrt, wie er war und sein schliessliches Schicksal wird späterhin noch erörtert werden.

In der Annahme, dass der Nucleus unserer Thiere nach aufgehobener Conjugation in eine Anzahl Bruchstücke zerfalle, lag der wesentlichste Irrthum der früheren Beobachter. Balbiani bemerkt hierüber (66; p. 493): »la masse ovulaire« — der Nucleus — »ne subit qu'un fractionnement incomplet. Deux, quelquefois quatre ovules larges de 0,0072 se détachent de la masse commune, laquelle conserve sa forme arrondie primitive, et se transforment en autant d'oeufs complets d'un diamètre de 0,0144«

Stein sagt (68; p. 91): »Aus diesem« — dem Nucleus — »entwickeln sich nach auf-

gehobener Conjugation in den allermeisten Fällen nicht mehr als drei rundliche Körper, die bald gleich gross sind, bald sind zwei mehr oder weniger beträchtlich kleiner als der Dritte. Im ersteren Fall zerfiel der Nucleus ohne Zweifel unmittelbar in drei Segmente, im letzteren Falle theilte er sich aber wahrscheinlich zuerst in zwei Segmente und dann wurde eins derselben noch ein Mal getheilt. Ich schliesse dies daraus, dass ich nicht selten Individuen mit nur zwei, nahezu gleich grossen Nucleussegmenten beobachtete. Beim Vorhandensein von drei Nucleussegmenten zeigt das eine, zumal wenn es grösser ist, als die beiden andern, oftmals eine etwas andere Zusammensetzung als diese; es enthält nämlich in seiner Grundsubstanz mehrere, bisweilen zahlreiche kleine Kerne eingebettet, während die beiden anderen Segmente gewöhnlich nur mit einem einzigen centralen, bläschenförmigen Kern versehen sind. Hieraus lässt sich wohl mit ziemlicher Sicherheit folgern, dass nur die beiden gleichartigen Nucleussegmente, die auch sonst mit den eiähnlichen Kugeln von *P. Aurelia* vollkommen übereinstimmen, die Bedeutung von Keimkugeln haben, das dritte Segment aber die Anlage eines neuen Nucleus darstellt und somit der Summe von opaken Körperchen von *Paramaecium Aurelia* entspricht. In mehreren Fällen ist freilich gar kein Unterschied zwischen den drei Nucleussegmenten wahrzunehmen, indem jedes derselben bald nur einen einzigen centralen Kern, bald zwei oder drei weit von einander abstehende Kerne besitzt.«

Aus diesen Mittheilungen geht mit Sicherheit hervor, dass ein wirklicher Zerfall des Nucleus nach der Conjugation weder von dem einen, noch dem anderen Forscher wirklich beobachtet, sondern nur erschlossen wurde und zwar falsch, wie sich weiter unten zeigen wird.

Während nun der Nucleus sich im Verlaufe der Conjugation nahezu unverändert erhält, so ist doch gerade das Umgekehrte der Fall bei dem Nucleolus, der bekanntlich bei allen bis jetzt beobachteten Infusionsthieren im Laufe der Conjugation höchst merkwürdige Umbildungen erleidet, da nämlich aus ihm die, die männlichen Geschlechtsproducte einschliessenden Samenkapseln hervorgehen sollen.

Diese Veränderungen des Nucleolus verlaufen nun nach meinen Untersuchungen bei den drei von mir beobachteten Paramaeciumarten in einer nahezu übereinstimmenden Weise, nur ihr Endziel ist etwas verschieden, indem nämlich aus dem Nucleolus bei *P. Bursaria* vier, bei *P. Aurelia* und *putrinum* hingegen acht sogenannter Samenkapseln hervorgehen. Ich werde daher hier gleichzeitig die Umwandlungen des Nucleolus bei den drei genannten, von mir genauer untersuchten Arten schildern, um nicht durch Wiederholungen zu sehr zu langweilen.

Zunächst erinnere ich an den früher geschilderten Bau der Nucleoli von *Paramaecium Bursaria* und *Aurelia* und namentlich daran, dass man an dem eigentlichen Nucleoluskörper

deutlich zwei Abschnitte unterscheiden kann, den eigentlichen streifig-körnigen, dunklen Nucleolus und den hellen kleinen Abschnitt, mittelst welchen derselbe an die Nucleolusmembran angeheftet ist. Die nächste Veränderung des Nucleolus besteht nun in einer allmäligen Vergrösserung und einem gleichzeitigen Auswachsen des hellen Abschnittes, der nun die deutlichste Differenzirung in ziemlich zarte Fasern eingeht. Eine solche Form gibt Fig. 1. Taf. VII. wieder, die den streifig-körnigen, dunklen Nucleoluskörper an einem langen Bündel feiner Fasern, das an einer Stelle der Hüllmembran befestigt ist, gewissermassen aufgehängt zeigt. Aus diesen Zuständen nun bilden sich zunächst die sehr merkwürdigen, in Taf. VII. Fig. 2 u. Taf. XV. Fig. 8—10 wiedergegebenen, in einer Weise hervor, die näher zu verfolgen mir nicht möglich war. Die aus dem dunklen Nucleoluskörper hervorgewachsenen Fasern haben sich verlängert, die beiden Enden des sehr vergrösserten Nucleolus erscheinen immer zugespitzt, was damit zusammenhängt, dass sich die Membran nur einseitig abheben lässt. Der gesammte Nucleolus zeigt auf diesem Stadium immer eine mehr oder weniger beträchtliche, spiralige Zusammenkrümmung. Diese Formen traf ich namentlich bei *P. Aurelia* ganz constant auf einem gewissen, jedenfalls verhältnissmässig sehr frühen Stadium der Conjugation an und ich schliesse mich der Balbiani'schen Ansicht an, dass die ganz stark spiralig zusammengekrümmten Formen (Taf. XV. Fig. 9) die zunächst entstehenden seien, dass sich dieselben im Laufe der Entwicklung allmälig aufkrümmten (Taf. XV. Fig. 8) und schliesslich in einen nahezu gestreckten Zustand übergehen (Taf. XV. Fig. 10).

Diese Formen nun gehen aber nicht, wie Balbiani will, direct in Theilungszustände über, sondern sie metamorphosiren sich zunächst in den Zustand, welchen er als eine reife Samenkapsel auffasst, d. h. sie ziehen sich allseitig zusammen, verkleinern sich nicht unbeträchtlich und werden so schliesslich zu einer ovalen, allseitig abgerundeten Kapsel (Taf. VII. Fig. 3), die nun in ihrem Bau zunächst wieder an den ursprünglichen Nucleolus erinnert. Ihr völlig faserig-streifig differenzirter Inhalt besteht seiner Hauptmasse nach aus dunkeln, körnigen Fasern, die durch eine kleine hellere, durch Essigsäure (1 %) bis zur Unkenntlichkeit aufquellende Faserstrecke mit der Hüllmembran in Verbindung stehen. Conjugirte Paare, von welchen jedes Thier eine solche Kapsel wahrnehmen lässt, gehören zu den häufigsten, welche man antrifft. Nicht immer ist jedoch der Abschnitt der dunklen Fasern so gross wie in der Taf. VII. Fig. 3, manchmal trifft man die helle Faserstrecke viel ansehnlicher, ja sie kann selbst die Hälfte des ganzen Faserkörpers betragen.

Zunächst findet nun eine Umänderung in dem Bau der Kapseln statt, welche als eine Vorbereitung zur Theilung aufgefasst werden muss. Es erscheint nämlich nun auch am entgegengesetzten Ende des dunklen Faserkörpers ein heller Faserabschnitt, so dass also nun die

dunkle Faserzone den eigentlichen grösseren Körper der Kapsel bildet und nach beiden Seiten hin in helle, durch 1% Essigsäure verschwindende Fasern ausläuft (Taf. VII. Fig. 8). Solche Stadien hat Balbiani vielfach gesehen und als völlig reife Samenkapseln gedeutet. Der weitere Fortschritt in dem Theilungsprocess geschieht nun folgendermaassen: Die Mittelzone der dunklen Fasern theilt sich im Aequator der Kapsel und die beiden Hälften rücken in die beiden Kapselenden (Taf. VIII. Fig. 2), durch helle Fasern unter einander verbunden. Ist dieser Zustand erreicht, so beginnt auch der Theilungsprocess äusserlich sichtbar zu werden. Die ursprünglich ovale Kapsel beginnt sich zu strecken, wird länger und bald bemerkt man, dass die beiden Enden, welche die Hälften des dunklen Faserkörpers enthalten, sich kugelich gegen den Verbindungsstrang der hellen Fasern absetzen. Dieser Strang zieht sich nun, indem er sich mehr und mehr verschmälert, noch weiter aus, die Enden schwellen noch mehr an, bis schliesslich, wenn die so lang ausgezogene Kapsel wohl zwei Drittel der Länge des gesammten Thieres erreicht hat (vergl. Taf. VIII. Figg. 3—8; Taf. VII. Fig. 4) der Verbindungsstrang in der Mitte durchreisst und die Theilung ist vollendet. Jede der so neugebildeten beiden Kapseln hat nun natürlich noch einen Schwanz, der von dem durchgeschnürten Verbindungsstrang herrührt (Taf. VII. Figg. 5, 6 u. 7); dieser Schwanz wird jedoch jedenfalls sehr rasch eingezogen und die Kapsel wieder gleichmässig oval abgerundet, da man nur sehr selten derartige geschwänzte Kapseln trifft, welche den deutlichen Beweis liefern, dass wirklich eine Trennung des Verbindungsstrangs in seiner Mitte stattfindet, nicht eine Resorbtion desselben, wie Balbiani annimmt, der jedoch dabei jedenfalls von der Vorstellung, dass alle Kapseln in einem gemeinsamen Schlauch eingeschlossen blieben, sehr beeinflusst war.

Nachdem also dieser Schwanzanhang der Tochterkapseln völlig eingezogen worden ist, repräsentiren dieselben wieder ganz das Bild der ursprünglich zur Theilung sich anschickenden, einfachen Kapsel. Sie erscheinen wieder als ein dunkler Faserkörper, der durch einen hellen Faserstiel an die ihn umschliessende Membran angeheftet ist. Jede weitere Theilung geschieht nun genau nach denselben Regeln, die wir soeben bei der Theilung der ersten Kapsel kennen gelernt haben, nur geht, wie schon oben gesagt, die Theilung bei *P. Aurelia* und *putrinum* einmal mehr vor sich als bei *P. Bursaria*, so dass bei den beiden erstgenannten Arten jedes aus der Conjugation hervorgegangene Thier schliesslich acht, bei der letzgenannten hingegen nur vier Kapseln erhält.

Als eine Regel darf es, wie auch schon Balbiani hervorhob, betrachtet werden, dass die Nucleoluskapseln jedes Thieres immer genau auf der gleichen Stufe der Ausbildung stehen, wie denn auch ihre Theilung stets gemeinschaftlich geschieht; auch die Kapseln der beiden

conjugirten Thiere zeigen sich fast stets genau auf derselben Stufe der Entwicklung, doch traf ich bei *P. Bursaria* einige wenige Male auf Paare, bei welchen die Kapseln des einen Thieres zwar genau dieselbe Ausbildung zeigten wie die des anderen, jedoch in ihrer Grösse sich von diesen sehr unterschieden. Eines dieser Paare zeigte einen nicht uninteressanten Bau seiner beiden Kapseln, der sich wohl besser durch Betrachtung der Fig. 10. Taf. VII. als durch Beschreibung verstehen lässt.

Stein und Balbiani befinden sich in einer grossen Unsicherheit hinsichtlich der Zahl der aus dem Nucleolus hervorgehenden Kapseln, wobei sie jedenfalls durch ihre Auffassung derselben, als Spermatozoën einschliessende Organe, sehr beeinflusst wurden. Denn dass eine solche, nach ihrer Ansicht völlig gereifte Kapsel sich noch weiter theile, musste ihnen, trotzdem dass Balbiani einen derartigen Vorgang constatirte, in den meisten Fällen sehr unwahrscheinlich dünken.

Balbiani findet bei *P. Bursaria* gewöhnlich zwei, selten vier Kapseln, Stein hingegen sehr häufig die letztere Zahl. Bei *P. Aurelia* hingegegen, wo Balbiani gewöhnlich vier, selten acht Kapseln sich entwickeln sah, musste Stein die Entwicklung von vier Kapseln zu den seltnen Fällen rechnen.

Bei *P. Aurelia* fand Balbiani ausserdem zwei ganz verschiedene Arten der Entwicklung der Kapseln aus dem Nucleolus. In dem einen Fall bilden sich zuerst die oben beschriebenen gekrümmten Kapseln aus, deren Enden hierauf ampullär anschwellen und die so direct in Theilung übergehen sollen; hier hat also Balbiani die in Theilung begriffenen Kapseln für eine directe Weiterbildung dieses eigenthümlichen Entwicklungszustandes des ursprünglichen Nucleolus gehalten, was gewiss unrichtig ist; andererseits hat er aber auch die aus diesem Zustand hervorgehenden gewöhnlichen Kapseln (Taf. VII. Fig. 3; Taf. VIII. Fig. 2) gesehen, welche er nun durch ein directes, einfaches Auswachsen des Nucleolus sich bilden und zur Reife gelangen lässt. Diese Kapseln sollen sich nicht mehr theilen, so dass also in diesem Fall nur die Ausbildung einer einzigen Kapsel stattfände.

Stein hält diesen letzteren Entwickelungsgang für die Regel, hat jedoch auch die grossen gekrümmten Kapseln beobachtet, aber ihr regelmässiges Auftreten in dem Entwickelungsprocess des Nucleolus auch nicht erkannt. Uebrigens sind die Stein'schen Beschreibungen leider wegen der mangelnden Abbildungen nicht recht verständlich, auch hat er keine richtigen Vorstellungen von dem Zusammenhang der verschiedenen, von ihm gesehenen Stadien erlangt.

Wie oben schon hervorgehoben worden, ist die Zahl der aus dem Nucleolus hervorgehenden Kapseln bei jeder der drei Arten ganz constant, man muss aber nur die Thiere in dem rich-

tigen Stadium während oder nach der Conjugation untersuchen, um sich von dieser Thatsache zu überzeugen. Derartige Schwankungen, wie sie Balbiani und Stein annehmen, existiren nicht. Ich sah auch nie solche Unregelmässigkeiten, wie sie Stein (68; pag. 92) anführt, wo das eine Thier einer Syzigie von *P. Bursaria* eine grosse, das andere zwei kleine Kapseln enthielt, oder bei einem anderen Paar das eine Thier mit vier, das andere mit fünf ungleich grossen Kapseln versehen gewesen sei; diesen letzten Fall halte ich für sehr unwahrscheinlich und glaube, dass hier gewiss eine Täuschung vorlag.

Dennoch traf ich bei *P. Bursaria* einmal eine Unregelmässigkeit, die jedoch im Verein mit einer früher von mir gemachten Beobachtung von grossem Interesse ist. In einer Syzigie enthielt nämlich das eine Thier drei, das andere hingegen nur eine Kapsel, sämmtliche Kapseln waren unter einander gleich und von der Grösse der Kapseln zweiter Generation. Ein solcher Zustand lässt sich nun meiner Ansicht nach nur in der Weise erklären, dass man die dritte Kapsel des einen Thieres als aus dem anderen herübergewandert betrachtet. Ich hatte früher schon bei *Param. putrinum* eine ähnliche Beobachtung gemacht (vergl. 78; Taf. XXV. Fig. 2), wo sogar die beiden Kapseln des einen Thieres der Syzigie zu denen des anderen hinübergewandert waren und ich vermag diesen Fall noch heute nicht in anderer Weise zu erklären. Diese Beobachtungen legen es daher sehr nahe, an einen Austausch der Kapseln der conjugirten Thiere zu denken und ich hatte diese Vermuthung auch schon früher (l. c.) ausgesprochen. Die Vorstellung eines derartigen Austausches lässt sich um so leichter gewinnen, wenn man die bei *P. Bursaria* und *putrinum* häufig von mir gemachte Beobachtung berücksichtigt, dass sowohl die Nucleoluskapseln wie der Nucleus (oder die aus ihm hervorgehenden Umwandlungsproducte) keinen festen Ort in den conjugirten Thieren bewahren, sondern vom Strome des Endoplasma's wie sonstige Inhaltskörper umhergeführt werden.

Da ich die oben erwähnte Vermuthung schon früher gehegt hatte, so habe ich bei andauernd beobachteten Syzigien von *Param. putrinum* mehrfach nach einem solchen Austausch gesucht, ohne jedoch hiervon etwas zu finden. Wenn auch die Nucleoluskapseln während ihrer Hin- und Herbewegung der Vereinigungsstelle beider Thiere häufig sehr nahe kommen, so sah ich dennoch nie den wirklichen Uebertritt einer Kapsel in das andere Thier eintreten. Dennoch möchte ich nicht in Abrede stellen, dass sich ein solcher Uebertritt zuweilen ereigne, wenn auch die beiden angeführten Fälle von *Param. Bursaria* und *putrinum* die einzigen sind, welche mir in dieser Hinsicht bis jetzt aufstiessen. Bei anderen Infusorien habe ich gar nichts dieser Art gesehen, wiewohl dieselben auch sämmtlich nicht so geeignet zu derartigen Beobachtungen erscheinen wie die beiden genannten.

Balbiani schildert die vermeintlichen Spermatozoën innerhalb der Samenkapseln als sehr zarte, in ihrer Mitte angeschwollene Fäden, die sich häufig zu dicken und dunkleren Bündeln zusammenlegten. Diese Bündel sind nun jedenfalls nichts weiter als die dickeren und dunkleren Faserpartien, die ich oben ausführlicher beschrieb; die eigentlichen Spermatozoën dagegen sind die helleren, zärter gestreiften Partien, in welche die ersteren sich fortsetzen.

Nach dieser allgemeinen Schilderung der Umbildung der Nucleoli der drei Arten von *Paramaecium* kehre ich nun wieder zu der speciellen Erörterung der Verhältnisse bei *Param. Bursaria* zurück.

Die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere enthalten also, wie schon früher erwähnt, einen unveränderten Nucleus und vier feingestreifte Samenkapseln von gleicher Grösse und Beschaffenheit (Fig. 9). Die Streifung derselben ist schon, wie bei *P. Bursaria* überhaupt, am lebenden Thier recht deutlich wahrzunehmen. Auch sie zeigen noch deutlich die schon früher geschilderte Bauweise; der kleine hellere und zartgestreifte Abschnitt ihres gestreiften Inhaltskörpers, mittels welchen sie der Membran angeheftet sind, wird auch hier durch Essigsäure bis zum Verschwinden aufgequellt. Der grössere, aus dunkleren Fasern bestehende Abschnitt zeigt häufig schon am entgegengesetzten Ende der Kapsel ein theilweises Verschmelzen dieser Fasern.

Einige Zeit lang verharren nun die Thiere ohne weitere Veränderung in diesem Zustand, erst nach Verlauf von etwa zehn Stunden beginnt eine sehr bemerkenswerthe Umwandlung. Zwei der vier Nucleoluskapseln nämlich verlieren ihre längliche Gestalt und werden zu runden, im Leben licht und homogen erscheinenden Kugeln; die beiden anderen Kapseln hingegen verkleinern sich bemerklich und werden im Gegentheil dunkler, indem sie ihre streifige Beschaffenheit noch bewahren (Fig. 10). Die Substanz der beiden lichten Kugeln, welche aus zwei der Kapseln hervorgingen, erscheint nach Behandlung mit Essigsäure (1%) anfänglich ziemlich stark, jedoch gleichmässig granulirt. Einen derartigen Zustand hat Balbiani gesehen (63) und auf Taf. VI. Fig. 15 sehr kenntlich abgebildet; er deutete die kleinen granulirten Kugeln natürlich als aus dem Nucleus hervorgegangene Keime oder später als in Entwicklung begriffene Eier.

Dieser so eingetretene Unterschied zwischen den ursprünglich ganz gleichen vier Nucleoluskapseln, wird nun in dem weiteren Verlaufe immer deutlicher; die beiden lichten Kugeln wachsen mehr und mehr heran und nach einigen Stunden schon tritt in ihnen sehr regelmässig ein dichteres, dunkles Kernchen mit einer hellen Vacuole in seinem Innern auf (Fig. 11). Im Gegensatz hierzu werden die beiden anderen Nucleoluskapseln noch kleiner wie früher und verlieren hiermit allmälig auch ihre streifige Beschaffenheit, so dass sie am zweiten Tag nach auf-

gehobener Conjugation zu kleinen, nahezu homogenen, dunklen Kugeln geworden sind, die ihrer Hüllmembran innerlich an einer Stelle ansitzen (Figg. 13 u. 14). Etwa im Laufe des dritten Tages nach der Trennung der conjungirten Thiere nun, verschwinden plötzlich diese, aus den sich verkleinernden Kapseln hervorgegangenen, homogenen Kugeln, so dass sich auch keine Spur derselben mehr auffinden lässt. Trotz vielfacher Mühe gelang es mir nicht mit Sicherheit zu ermitteln, in welcher Weise dieses Verschwinden vor sich geht; es stehen sich hier zwei Möglichkeiten gegenüber, entweder werden sie aufgelöst, oder von dem Thier ausgeworfen. Aus verschiedenen Gründen, deren nähere Erörterung ich auf später verschieben muss, entscheide ich mich für die zweite Möglichkeit und nehme daher als wahrscheinlich an, dass sie wirklich von dem Thier ausgeworfen werden.

Mittlerweile sind die, aus den beiden anderen Kapseln hervorgegangenen, lichten Körper etwa bis zu zwei Drittel der Grösse des Nucleus herangewachsen und stimmen nun in Betreff der Beschaffenheit ihrer Substanz in ganz auffallender Weise mit dem Nucleus überein, so dass man sie, wie dies ja auch von Balbiani und Stein geschehen ist, leicht für Theilstücke des Nucleus nehmen könnte, wenn ihre Abstammung von den gestreiften Nucleoluskapseln nicht durch fortlaufende Untersuchungen über allen Zweifel festgestellt wäre (Fig. 15). Ihre Gestalt ist jetzt eine länglich-ovale geworden, ähnlich der des Nucleus.

Kurze Zeit nach der Entfernung der zwei rückgebildeten Kapseln, also etwa zwischen dem dritten und vierten Tag nach aufgehobener Conjugation, beginnt jedoch auch einer der erwähnten nucleusartigen Körper sich zu verändern; in seiner Masse treten dunkle Längsstreifen auf, die namentlich am einen Ende des ovalen Körpers stärker verdickt hervortreten, während sie nach dem anderen Ende zu in feinere, zärtere Streifen auslaufen, welcher Theil daher sehr hell bleibt (Taf. VII. Fig. 16). Die Differenzirung in der Masse dieses Körpers schreitet allmälig immer weiter fort, bis er schliesslich fast gänzlich von dunklen, glänzenden Streifen durchzogen ist; gleichzeitig sieht man ihn sich allmälig verkleinern, was mit der Verdichtung seiner Masse gewiss in causalem Zusammenhang steht (Taf. VII. Fig. 18). Diese Verkleinerung schreitet nun langsam weiter fort, bis schliesslich etwa 10—12 Tage nach aufgehobener Conjugation dieser Körper wieder Grösse und Beschaffenheit eines gewöhnlichen Nucleolus angenommen hat (Taf. VII. Fig. 17).

Während dieser ganzen Zeit haben sich sowohl der ursprüngliche Nucleus, als auch der zweite, ursprünglich aus der Nucleoluskapsel hervorgegangene, nucleusartige Körper nicht wesentlich verändert; nur hat sich der Nucleus allmälig etwas verkleinert, so dass die beiden erwähnten Körper jetzt nahezu von gleicher Grösse sind (Fig. 17).

Ein Thier dieses Stadiums zeigt demnach also scheinbar zwei ganz gleich beschaffene Nuclei und einen ansehnlichen Nucleolus. Häufig trifft man die beiden Kerne ganz dicht zusammengepresst und gegeneinander abgeplattet; schliesslich verschmelzen sie mit einander und wir haben also nun wieder den normalen Zustand des *P. Bursaria*, wie es in die Conjugation einging, vor uns. Hinsichtlich dieses Verschmelzens muss ich jedoch einige Worte bemerken; ich habe diesen Vorgang nicht direct beobachtet, erschliesse ihn jedoch daraus, dass ich unter einigen aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren, am elften Tage nach Lösung der Syzigien, theils Thiere mit einfachen Nucleus und Nucleolus, theils solche mit einem Nucleolus und den beiden oben beschriebenen Kernen, jedoch auch eines mit einfachem Nucleus traf, der noch sehr deutlich seine Zusammensetzung aus zwei Stücken erkennen liess (Fig. 19). Ich konnte diese Frage deshalb nicht ganz sicher entscheiden, weil ich nicht erwartet hatte, dass sich die Rückbildung zu der normalen Beschaffenheit bei unserer Art so ungemein lang verzögerte und ich daher anfänglich mit dem Verarbeiten des noch vorhandenen Materials etwas zu rasch vorging, so dass ich später sehr sparsam damit sein musste. Ich wüsste jedoch der in Fig. 19 abgebildeten Beschaffenheit des Nucleus keine befriedigendere Deutung zu geben; auch Balbiani hat bei *P. Bursaria* derartige Nucleusformen schon gesehen, jedoch keine Erklärung derselben gegeben; er schreibt (66; p. 202): »Dans quelques cas, la masse granuleuse intérieur de l'ovaire était divisée transversalement par une section très-nette en deux portions qui demeuraient en contact ou n'étaient séparées que par un intervalle très faible.«

Man könnte allenfalls noch die Ansicht aufstellen, dass die beiden Kerne bei einer erfolgenden Theilung je zu einem Kern der Theilungssprösslinge würden, dem muss ich aber, wie späterhin noch erörtert werden soll, aus theoretischen Gründen widersprechen.

Nach dieser Schilderung der Veränderungen des Nucleus und Nucleolus während der Conjugation von *P. Bursaria*, habe ich nun kaum nöthig, auf die von meinen Vorgängern gemachten Angaben näher einzugehen, da sich die von ihnen falsch gedeuteten Bilder schon durch meine Schilderung ihrem wahren Werthe nach erkennen lassen. Die Umbildung zweier Nucleoluskapseln sahen sie nicht, sondern nahmen an, dass die auf diese Weise hervorgehenden Körper Theilproducte des Nucleus seien, aus welchen nun je nach ihrer speciellen Auffassung entweder Eier oder Embryonalkugeln hervorgehen sollten. Ueber den Verbleib der Samenkapseln theilen sie wenig mit; dies war ja auch nicht nöthig, da dieselben ja bei der Befruchtung gewöhnlich aufgebraucht werden sollten; nur Balbiani muss etwas davon gesehen haben, dass dies nicht der Fall ist, denn er gibt an (66; pag. 508), dass dieselben nach der Befruchtung nicht schwinden, sondern allmälig wieder ihr rudimentäres Aussehen annähmen und

schliesslich durch Verschmelzung wieder zu einem Nucleolus sich vereinigten. Dass diese Angaben nicht auf Beobachtungen beruhen, sondern nur Annahmen sind, brauche ich wohl nach der oben gegebenen Schilderung des wahren Verhaltens nicht besonders auseinander zu setzen.

Die merkwürdigen Umformungen, welche die sogenannten Samenkapseln des *P. Bursaria* nach aufgehobener Conjugation erfahren, werden uns für das Verständniss der viel verwickelteren Vorgänge bei *P. Aurelia* und *putrinum* als Richtschnur dienen müssen.

B. Untersuchungen an *Paramaecium Aurelia* O. F. Müller und *putrinum* Claparède und Lachmann.

Taf. VIII u. Taf. XV. Figg. 8—16.

Ueber die Conjugationserscheinungen von *P. Aurelia* liegen Mittheilungen von Balbiani, Stein und Kölliker, sowie einige Bemerkungen von mir vor. Ich bemerke jedoch hier sogleich, dass ich bei meinen früheren Untersuchungen (78) einen Irrthum begangen habe, indem ich *P. putrinum* und *Aurelia* zusammenwarf, und ersteres für eine kleinere Generation des letzteren hielt, welche zur Conjugation besonders geneigt sei. Auf diese Weise gelangte ich dazu, dem *P. Aurelia* eine ziemliche Variabilität hinsichtlich seiner Conjugationserscheinungen zuzuschreiben und glaubte daher die sich widersprechenden Angaben Stein's und Balbiani's vereinigen zu können. Die Kölliker'schen Untersuchungen hatte ich früher leider übersehen, was um so eher möglich war, da auch Stein in seinem 1866 erschienenen zweiten Band der 1864 herausgegebenen Icones histiologicae gar nicht, selbst nicht in der 1866 erst geschriebenen Vorrede gedenkt. Ich hebe daher hier zunächst hervor, dass die Abbildungen auf Taf. XXV meiner kleinen Abhandlung sich auf *P. putrinum* beziehen, dass hingegen die beiden Figuren 8 und 9 auf Taf. XXVI Zustände von *P. Aurelia* darstellen. *P. putrinum* ist zuerst von Claparède und Lachmann beschrieben worden (61; pag. 266 und 62; Taf. X. Fig. 11—12); es zeichnet sich dadurch aus, dass es mit der Gestalt des *P. Bursaria* das Fehlen der Trichocysten und Chlorophyllkörner verbindet; auch soll dasselbe nur eine contractile Vacuole in der vorderen Leibeshälfte besitzen. Der Nucleus mit dem dicht anliegenden Nucleolus zeigt keine bemerkenswerthen Abweichungen von dem der übrigen Paramaecien und enthält im normalen Zustand häufig ähnliche verdichtete Körper wie der des *P. Bursaria*. Die von mir gesehenen Thiere besassen jedoch stets zwei contractile Vacuolen, von derselben Lage wie die des *P. Aurelia* und *Bursaria*; dennoch möchte ich an der Identität derselben mit dem *P. putrinum*

Claparède und Lachmann's nicht zweifeln. An conjugirten Exemplaren traf ich sogar häufig eine dritte Vacuole, welche dicht am hinteren Rande lag, ohne dass ich mich jedoch von ihrer regelmässigen Gegenwart überzeugt hätte. Characteristisch für unsere Art ist die Entstehungsweise der Vacuolen, die nicht wie bei *P. Bursaria* und *Aurelia* durch rosettenförmig angeordnete Kanäle gespeist werden, sondern durch Zusammenfliesen kleiner Vacuolen entstehen, welche sich schon während der Systole am Rand der Vacuole hervorbilden, ähnlich wie dies bei sehr vielen Infusionsthieren der Fall ist. Das Fehlen der Trichocysten ist bei unserer Art die Regel, dennoch besassen die früher von mir gesehenen Thiere sämmtlich Trichocysten und auch während der in neuerer Zeit angestellten Untersuchungen traf ich auf trichocystenführende Thiere, die sich in allen übrigen Stücken wie die gewöhnlichen verhielten und sich denselben namentlich auch in ihren Conjugationserscheinungen so völlig anschlossen, dass an ihrer Zugehörigkeit zu unserer Art nicht gezweifelt werden kann. Chlorophyll traf ich hingegen nie bei unseren Thieren an. Wie Claparède schon mit Recht hervorhebt, scheint *P. putrinum* mit Vorliebe sehr putrescirende Gewässer zu bewohnen, es eignet sich daher auch gut zu Züchtungsversuchen, da es noch im verdorbensten Wasser aushält.

Bezüglich der Umbildungen des Nucleus und Nucleolus schliessen sich *P. Aurelia* und *putrinum* eng aneinander an und weichen in gewisser Hinsicht von dem *P. Bursaria* sehr ab, was recht eigenthümlich erscheint, da sich ja *P. putrinum* in Bezug auf seine allgemeine Bauverhältnisse inniger an *P. Bursaria* als *Aurelia* anzuschliessen scheint.

Da ich die Entwicklung des Nucleolus der Paramaecien in ihren allgemeinen Zügen schon bei *P. Bursaria* geschildert habe, so gehe ich hier nicht näher auf dieses Verhalten ein und hebe nur hervor, dass sich ein Unterschied zwischen beiden Arten hinsichtlich der Ausbildung findet, welche die Producte des Nucleolus (und auch die des Nucleus, wie später zu erörtern sein wird) beim Eintritt der Lösung der Syzigie erreicht haben. Bei *P. putrinum* ist nämlich der Nucleolus schon zu acht streifigen Kapseln zerfallen, bei *P. Aurelia* hingegen gehen die Thiere nur mit vier Kapseln versehen aus der Conjugation hervor; erst einige Stunden nachher theilen sich diese Kapseln nochmals, so dass auch hier doch schliesslich constant acht Kapseln gebildet werden. Bezüglich der Zahl der aus dem Nucleolus hervorgehenden Kapseln befanden sich die früheren Beobachter, wie schon hervorgehoben wurde, bei *P. Aurelia* in einiger Verwirrung. Balbiani hatte jedoch schon einmal beobachtet, dass die vier Kapseln, mit welchen die Thiere (nach ihm jedoch nur zuweilen) aus der Conjugation hervorgehen, sich noch einmal theilen können (s. Taf. VII. Fig. 8; 66). Stein (68; pag. 92) glaubt die Entwicklung von vier

Kapseln bei *P. Aurelia* schon zu den seltneren Fällen rechnen zu dürfen. Kölliker hat sich eine ganz irrige Vorstellung von der Entwicklung der Nucleoluskapseln bei *P. Aurelia* gebildet, indem er, wie späterhin noch näher zu besprechen sein wird, glaubt, dass dieselben sich schliesslich zu einer grossen Zahl kleiner Körperchen theilten; es sind dies aber gerade umgekehrt die durch Zerfall des Nucleus hervorgehenden Körperchen. Dem gegenüber muss ich bemerken, dass bei den beiden Arten von *Paramaecium* die Zahl der, durch wiederholte Theilung schliesslich aus dem Nucleolus hervorgehenden Kapseln ganz constant acht beträgt, dass es jedoch bei *P. Aurelia* nicht immer ganz leicht ist, sich hiervon mit Sicherheit zu überzeugen. Es ist mir früher auch nicht gelungen, die Kapseln neben dem Nucleus der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zu sehen; es ist zu diesem Zweck nicht hinreichend, die Thiere nur mit Essigsäure zu behandeln, sondern man muss die früher erwähnte Methode des allmäligen Zerquetschens in Anwendung bringen.

Auch die Umbildung des Nucleus hat bei *P. putrinum* schon viel weitere Fortschritte gemacht bei Lösung der Syzigie, dann ist derselbe nämlich hier schon völlig in eine bedeutende Anzahl kleiner Bruchstücke zerfallen.

Der nähere Vorgang dieses Zerfalls ist jedoch hier folgender: Schon während der Ausbildung der ersten Nucleoluskapsel beginnt der Nucleus zu einem Band auszuwachsen (Taf. VIII. Fig. 9), dasselbe verlängert sich mehr und mehr und beginnt gleichzeitig sich vielfach zu verzweigen (Fig. 10). Auf diese Weise erhalten wir Nucleusformen, die lebhaft an die verästelten Nuclei gewisser Acineten erinnern. Die feinere Structur des Nucleus zeigt sich nun deutlich fein längsfaserig, wie während des gewöhnlichen Quertheilungsprocesses. Dieses Auswachsen und die Verzweigung schreiten immer mehr fort, so dass sich eine Totalansicht des nun so vielfach verschlungenen und verästelten Nucleus kaum mehr gewinnen lässt. Einzelne Stellen und Zweige sind mehr angeschwollen, die zwischenliegenden Partien zu feinen Fädchen ausgezogen (Taf. VIII. Fig. 11); schliesslich reissen letztere ein, so dass sich der Nucleus allmälig zu einem Hautwerk von Zweigstückchen und kleinen Kugeln auflöst; erstere setzen den Zerfall noch weiter fort, bis sie sich endlich, einige Zeit nach aufgehobener Conjugation, alle zu kleinen, annähernd gleichgrossen Kügelchen abrunden, deren Zahl 100 und mehr betragen kann. Zuweilen ereignet es sich, dass der Zerfall der Nuclei in den beiden conjugirten Thieren nicht ganz synchronisch vor sich geht.

Principiell ganz in derselben Weise erfolgt der Zerfall des Nucleus bei *P. Aurelia* und ich muss, wie schon früher, die Balbiani'sche Schilderung und Abbildung dieses Vorganges völlig bestätigen, gegenüber den entgegenstehenden Angaben Stein's und Kölliker's. Auch

hier beginnt der ursprünglich ovale und allseitig abgerundete Nucleus einige Zeit nach eingetretener Conjugation auszuwachsen; indem jedoch die hierdurch hervorgehenden Verlängerungen und Windungen immer dicht aneinandergedrückt bleiben, behält derselbe zunächst seinen früheren Umriss bei und sein Auswachsen zeigt sich nur durch die Bildung vielfacher, mäandrisch verschlungener Furchen auf seiner Oberfläche, so dass diese mit der Hirnoberfläche eines Säugethieres Aehnlichkeit erhält, wie dies Balbiani Taf. VII. Fig. 6 schon trefflich abbildet. Gegen Ende der Conjugation ist dieses Auswachsen des Nucleus gewöhnlich so weit fortgeschritten, dass er in ein dicht zusammengeknäueltes Nucleusband übergegangen ist (vergl. Taf. XV. Fig. 12 auch 78; Taf. XXVI. Fig. 8). Erst nach erfolgter Lösung der Syzigie trennen sich auch die einzelnen Windungen des Nucleusbandes mehr von einander, so dass dasselbe sich nun mehr oder weniger durch den gesammten Leib des Thieres ausbreitet. Schliesslich zerfällt auch hier dieses verzweigte Band in eine grosse Anzahl einzelner Bruchstücke von nahezu gleicher Grösse, wie bei *P. putrinum*, nur bleibt die Zahl derselben hier geringer. Der nähere Vorgang des Zerfalls ist gleichfalls ganz derselbe wie bei *P. putrinum*; er ist gerade in vollem Gang, wenn die acht Nucleolushapseln schon eine Umbildung erfahren haben, von welcher sogleich die Rede sein wird.

Wie gesagt liefern meine Untersuchungen eine völlige Bestätigung der Schilderung, welche uns Balbiani von dem Zerfall des Nucleus gegeben hat. Stein hält diese Balbiani'sche Schilderung für unrichtig, er hat an den Nuclei der conjugirten *P. Aurelia* ausser einer geringen Längsstreckung keine Veränderungen wahrnehmen können; dagegen hat er in Gesellschaft (!) der Conjugationszustände nicht selten Individuen getroffen, die in der vorderen Körperhälfte statt des Nucleus zwei bis sieben kleinere, aber gleich grosse, ovale oder runde nucleusartige Körper enthielten; er glaubt daher, dass der Nucleus zuerst in vier bis sieben rundliche Segmente zerfalle, die sich dann erst zu mehr oder weniger langen, gewundenen Strängen entwickelten. Dass diese Einwendungen Stein's gegen die Balbiani'sche Schilderung ganz ohne Bedeutung sind, ist wohl klar, da ja nicht einmal irgend ein Beweis dafür vorliegt, dass diese von Stein gesehenen Thiere mit vier bis sieben Nucleussegmenten mit Conjugationszuständen in Zusammenhang stehen.

Was die Ursache war, dass ein so genauer Beobachter, wie Kölliker, gar nichts von dem bandartigen Auswachsen und dem Zerfall des Nucleus von *P. Aurelia* sah, ist mir nicht recht erklärlich; er bemerkt, dass er unter vielen Hunderten untersuchter Paramaecien nur einmal Andeutungen eines bandartigen Zerfalls sehr undeutlich gesehen habe. Da ihm also der wirkliche Prozess des Nucleuszerfalls vollständig verschlossen blieb, so ist es erklärlich, wie er auf den Gedanken kommen konnte, die, aus dem Zerfall des Nucleus hervorgehenden

Bruchstücke durch fortgesetzte Theilung der Nucleoluskapseln entstehen zu lassen, wodurch die thatsächlichen Verhältnisse völlig auf den Kopf gestellt wurden.

Wir kommen nun zu einem sehr wichtigen Punkt, nämlich dem weiteren Verhalten der acht Nucleoluskapseln nach aufgehobener Conjugation, ein Punkt, durch dessen Nichtbeachtung die irrigen Vorstellungen der früheren Beobachter hinsichtlich der Bedeutung der Conjugation hauptsächlich hervorgerufen worden sind.

Schon wenn das Nucleusband von *P. Aurelia* in den letzten Stadien des Zerfalls begriffen ist, zeigen sich die vorher noch schön zartstreifigen acht Nucleoluskapseln sehr wesentlich verändert; sie haben sich abgerundet und ihr früher streifig differenzirter Inhalt hat sich zu einer, nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) gleichmässig feingranulirten, ziemlich dunklen Masse umgebildet (Taf. XV. Fig. 13). So verharren die Kapseln einige Zeit nach dem vollständigen Zerfall des Nucleus und solche Stadien sind auch von Balbiani gesehen worden, wie seine Taf. VII. Fig. 9 beweist; die acht abgerundeten Kapseln, die sich auf dieser Abbildung dargestellt finden, zeigen eine verschiedene Beschaffenheit; vier derselben haben noch einen etwas streifig differenzirten Inhalt, bei den vier anderen hingegen ist derselbe gleichmässig körnig. Balbiani hielt nun irriger Weise die vier letztgenannten Kapseln für in der Entwicklung begriffene, aus Nucleusbruchstücken hervorgegangene Eier, die vier anderen hingegen deutete er, als reducirte und im Schwinden begriffene Samenkapseln. Ich vermuthe sogar, dass die Balbiani'sche Fig. 9 vollkommen richtig ist, dass sich wirklich ein derartiger Unterschied zwischen je vier und vier der Nucleoluskapseln wird constatiren lassen, denn wir werden weiter sehen, dass ganz wie bei *P. Bursaria* auch hier die eine Hälfte der Kapseln eine ganz andere Bestimmung hat wie die andere.

Schon den zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation nämlich, sehen wir vier dieser körnigen Nucleoluskapseln, in derselben Weise wie bei *P. Bursaria*, zu grossen, sehr lichten Kugeln herangewachsen (Taf. XV. Fig. 14), welche nichts anderes darstellen, als die vermeintlichen Eier Balbiani's und Kölliker's oder die Keimkugeln Stein's(?). Diese vier kugelförmigen oder zuweilen auch etwas unregelmässig gestalteten, im lebenden Thier ganz lichten, homogenen Körper zeigen ein sehr charakteristisches Verhalten. Nach Tödtung des Thieres durch Zerfliessen und nach Einwirkung des Wassers zeichnen sie sich immer noch durch ihre lichte und sehr homogene Masse aus, während sich gleichzeitig eine sehr deutliche Hülle von ihnen abhebt. Nach der Wassereinwirkung tritt in ihnen gewöhnlich auch ein centraler, heller Fleck, jedoch erst sehr allmälig hervor. Dieser Fleck repräsentirt das sogenannte Keimbläschen Balbiani's; ich bemerkte in ihm niemals ein dunkleres Körperchen, wie es Balbiani und Kölliker

beschreiben und abbilden, will jedoch an dessen zeitweiligem Vorkommen nicht zweifeln. Färbt man die Kugeln mit Carmin oder Fuchsin, so bleibt das helle Bläschen ungefärbt, eine Erscheinung, welche auch schon Balbiani auffiel und die mit der Deutung desselben als ein kernartiges Gebilde ganz unvereinbar ist. Ich fasse daher den hellen Fleck als nichts mehr oder weniger als eine Vacuole auf, welche sich innerhalb der lichten Körper gebildet hat. Schon bei *P. Bursaria* sahen wir in den lichten, aus zwei der Nucleoluskapseln hervorgehenden Körpern je ein kleines kernartiges Gebilde zeitweilig entstehen. Dasselbe wird sich auch wohl auf einem gewissen Stadium bei *P. Aurelia* finden, wie es ähnlich auch bei *putrinum* vorkommt und damit mag auch die Bildung des hellen Fleckes, wahrscheinlich auf einem späteren Stadium, im Zusammenhang stehen. Dadurch erklären sich denn auch die Kölliker'schen Beobachtungen, der zuweilen an Stelle dieses lichten Bläschens ein dunkles Körperchen oder auch ein mit starken, dunklen Wandungen versehenes, helles Bläschen fand. (Vergl. 92; Taf. II. Figg. 12 u. 14). Auch bei *Blepharisma lateritia* werden wir ähnliche dunkle Körperchen oder Bläschen in den entsprechenden lichten Körpern sich entwickeln sehen.

Die eigentliche Substanz der hellen Kugeln zeichnet sich dadurch aus, dass sie durch 1% Essigsäure bis zur Unkenntlichkeit aufgequellt wird; diese Erscheinung ist eine ganz regelmässige, so dass ich mich wundere, dass kein früherer Beobachter ihrer gedenkt. Erst späterhin, wenn eine weitere Umbildung dieser hellen Kugeln eintritt, verliert sich diese starke Quellbarkeit durch verdünnte Essigsäure. Neben diesen vier lichten Körpern fand ich nun mehrfach noch die vier anderen Nucleoluskapseln als kleine, von den Nucleusbruchstücken nur sehr schwierig zu unterscheidende, sehr feingranulirte und dunkle Kugeln vor. Häufiger jedoch traf ich nur noch drei oder zwei dieser rückgebildeten Nucleoluskapseln und schliesslich fanden sich auch Exemplare, bei welchen sich mit aller Aufmerksamkeit keine derartige Kapsel mehr finden liess. Ich muss daher auch hier, gestützt auf die analogen Erscheinungen bei *P. Bursaria*, ein völliges Schwinden dieser vier rückgebildeten Nucleoluskapseln behaupten und zwar werden dieselben wahrscheinlich ausgeworfen.

Gegenüber Stein muss ich mit Balbiani und Kölliker das constante Auftreten von vier der oben beschriebenen, lichten Körper behaupten, ich sah nie mehr oder weniger. Eine ungenaue Kenntniss der statthabenden Vorgänge kann jedoch den Anschein erwecken, dass sich zuweilen weniger von denselben finden, indem ein Theil derselben später gewisse Umbildungen erfährt, welche ihnen ihr lichtes Aussehen rauben. Stein will jedoch nicht weniger als vier bis zwölf derartiger Kugeln gesehen haben, welche ganz allmälig in die kleinen Nucleusbruchstücke übergingen. Hieraus und aus der Schilderung, welche Stein von diesen Kugeln

gibt, möchte ich den Schluss ziehen, dass er die vier lichten Körper, die Eier Balbiani's, gar nicht gesehen, sondern die Grösseren der Nucleusbruchstücke, da dieselben in ihrem Volum häufig ziemlich differiren, für die Eier Balbiani's gehalten hat. Denselben Irrthum habe ich früher auch begangen, indem das Thier, welches ich Taf. XXVI. Fig. 9 (78) abbildete, wahrscheinlich die vier lichten Kugeln noch gar nicht entwickelt hatte.

Kölliker ist hinsichtlich dieser vier lichten Körper, welche er sehr gut abbildet, namentlich auch bezüglich ihrer Grösse (bei Balbiani sind sie nämlich gegenüber dem gesammten Thier relativ zu klein dargestellt), von einem bedeutsamen Irrthum befangen. Er lässt sie durch eine zweimalige Theilung des Nucleus hervorgehen, welche Ansicht er hauptsächlich auf die in Figg. 8—11 (l. c.) abgebildeten Zustände stützt, die er gleichzeitig in der Infusion, welche ihm die Thiere mit vier Körpern lieferte, vorfand. Gegen die Bedeutsamkeit dieser Formen hätte sich aber von vornherein der Einwand erheben lassen, dass ihre Einreihung in den Entwicklungsgang eine ganz willkürliche ist; sie gehören denn auch entschieden nicht hierher, wiewohl es schwer fällt, jedes der von Kölliker abgebildeten Stadien zu deuten. — Fig. 9 stellt wohl unzweifelhaft ein eben aus der Conjugation hervorgegangenes Thier mit vier Samenkapseln und einem Nucleusbandknäuel dar, dessen nähere Beschaffenheit nicht erkannt wurde und das daher als einfacher Nucleus gezeichnet wurde. Figg. 8, 10 u. 11 sind wahrscheinlich Stadien, wo die Reconstituirung des Nucleus schon wieder eingetreten ist; die, neben dem Nucleus gezeichneten Körperchen sind keine Nucleoluskapseln, sondern kleine Nucleusbruchstücke, welchen Kölliker überhaupt immer ein gestreiftes Aussehen gibt, was vielleicht durch seine Untersuchungsmethode hervorgerufen wurde. Er untersuchte nämlich die Thiere in verdünnter Sublimatlösung.

Am dritten bis vierten Tag nach aufgehobener Conjugation beginnt nun eine sehr bemerkenswerthe Umbildung eines Theiles und sehr wahrscheinlich gewöhnlich zweier der lichten Körper, ganz entsprechend der, welche wir schon bei *P. Bursaria* fanden. Ihre Masse differenzirt sich entweder mehr grobkörnig oder meist deutlich längsstreifig, welche verdichteten Partien nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) dunkel und glänzend erscheinen. Gleichzeitig wird ihre Gestalt wieder länglich spindelförmig wie die der früheren Samenkapseln. Zuweilen trifft man solche Körper, die gleichmässig durch ihre ganze Masse längsstreifig differenzirt sind (Taf. XV. Fig. 11); meist jedoch differenzirt sich ihre Masse in den beiden Enden der Spindel zu dickeren, dunkleren Fasern, während die Mittelregion noch homogen erscheint oder sich in feinere Fasern auflöst (Fig. 15). Auf diese Weise gehen diese, zu ächten Nucleoli wie bei *P. Bursaria* sich rückbildenden beiden lichten Körper, wie es scheint, direct in Theilungs-

zustände über, wie man sie in vorzüglichster Ausbildung neben den beiden erhaltenen, noch mehr herangewachsenen, lichten Körpern antrifft (Fig. 16). In der Masse dieser, sowie der der Nucleusbruchstücke, bemerkt man jetzt vielfach das Auftreten dunkler Granulationen (Fig. 16). Das weitere Schicksal dieser, in der genannten Weise zu in Theilung begriffenen Nucleoli rückgebildeten, beiden lichten Körper völlig klar zu stellen, gelang mir nun bis jetzt noch nicht; ich zweifle nicht, dass die Theilung wirklich geschieht, so dass also nun vier neue Nucleoli neben den beiden lichten Körpern vorhanden sind. Es ist jedoch, wie leicht begreiflich, ungemein schwierig solche zwischen den Nucleusbruchstücken zerstreute, von ihnen in Grösse und Aussehen sehr wenig differirende Nucleoli mit Sicherheit zu erkennen. Wir haben also nun Thiere vor uns, welche zwei lichte Körper und eine Anzahl (wahrscheinlich 4) neugebildeter Nucleoli. vermischt mit den Bruchstücken des alten Nucleus, enthalten. Die nächste Folge ist nun, dass diese Formen mit nur zwei lichten Körpern, die sich jedoch nun durch ein granulirteres Wesen mehr an die Nucleussubstanz des gewöhnlichen Thieres anschliessen, sich theilen. Diese Theilung geschieht ohne irgend welche Veränderung der beiden lichten Körper und der Nucleusbruchstücke, weder Vereinigung noch Theilung derselben. Jeder der Theilsprösslinge erhält einen der aus den lichten Körpern hervorgegangenen, nucleusartigen Körper und etwa die Hälfte der früheren Nucleusbruchstücke, sowie eine Anzahl, wahrscheinlich meist zwei der rückgebildeten Nucleoli, welche nachzuweisen auf diesen Stadien mit einiger Sicherheit gelang (Taf. XV. Fig. 17a—b). Der frühere lichte Körper jedes dieser Theilungssprösslinge setzt nun sein Wachsthum immer noch weiter fort und indem sich seine Substanz allmälig ganz feingranulirt differenzirt, erhält er bald völlig das Aussehen eines ächten Nucleus, hinter welchem er nur in der Grösse noch zurücksteht. Verfolgt man nun diese Thiere weiter, so bemerkt man, dass unter Heranwachsen des nucleusartigen Körpers die Zahl der Nucleusbruchstücke sich mehr und mehr verringert, so dass man sich alle möglichen Stadien bis zu der Gegenwart von nur noch einem derartigen ursprünglichen Nucleusbruchstück vor Augen führen kann. Diese Abnahme der Nucleusbruchstücke hat darin einen ersichtlichen Grund, dass die Fortpflanzung der Thiere durch Theilung weitergeht, wobei natürlich, wie ich dies auch bei *P. putrinum* ziemlich sicher beobachtet habe, der, aus der ursprünglichen Nucleoluskapsel hervorgegangene, nucleusartige Körper sich ähnlich wie ein normaler Nucleus theilen wird; leider konnte ich jedoch einen derartigen Theilungszustand nicht direct beobachten. Dieser nucleusartige Körper wird, wie aus meiner Darstellung schon ersichtlich, zu dem Stamm des Nucleus der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere; nicht ganz sicher bin ich jedoch hinsichtlich des Schicksals der noch vorhandenen Bruchstücke des alten Nucleus. Ursprünglich

hielt ich die Ansicht, dass dieselben sich schliesslich allmälig sämmtlich mit dem, als Stamm des neuen Nucleus fungirenden Körper vereinigen, für zweifellos begründet, um so mehr als ja auch Balbiani und Stein die Nucleusbruchstücke allmälig wieder zu einem neuen Nucleus zusammentreten lassen. Ich hatte jedoch für diese Ansicht auch in der Beobachtung selbst Anhaltspunkte gefunden. Man trifft nämlich nicht selten Formen, wo eines oder mehrere der Nucleusbruchstücke dem neugebildeten Nucleus dicht angeschmiegt, ja häufig sogar tief in denselben eingesenkt sind (Taf. IX. Figg. 15 und 16), ein Zustand, von dem nur noch ein kleiner Schritt bis zur definitiven Verschmelzung der Bruchstücke mit dem neugebildeten Nucleus ist. Andererseits bin ich jedoch im Laufe meiner Untersuchungen immer vorsichtiger in der Deutung der verlockendsten Bilder geworden und muss mir daher selbst entgegen halten, dass die definitive Verschmelzung der Bruchstücke des alten Nucleus mit dem neugebildeten, wenn auch sehr wahrscheinlich gemacht, so doch nicht definitiv bewiesen worden ist. Die Analogie mit *P. Bursaria* dürfte zwar gleichfalls als Stütze angeführt werden, jedoch wird hierdurch immerhin die Möglichkeit, dass die Bruchstücke des alten Nucleus schliesslich durch Ausstossung entfernt werden, nicht gänzlich widerlegt. Dieser Punkt bedarf daher noch künftiger Aufklärung.

Was nun aber die Beobachtung, abgesehen von dem Schicksal der Bruchstücke des alten Nucleus, unwiderleglich beweist, ist, dass schliesslich die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere wieder einen einfachen Nucleus und Nucleolus erhalten und sich der neugebildete Nucleus dadurch auszeichnet, dass ein beträchtlicher Antheil desselben (möglicherweise jedoch auch der ganze Nucleus) durch Auswachsen einer der ursprünglichen acht Nucleoluskapseln hervorgegangen ist. Das gänzliche Verschwinden der Bruchstücke des alten Nucleus nimmt eine sehr verschieden lange Zeit in Anspruch. So fand ich unter einer Anzahl, am 20. October 1874 isolirter Thiere, noch am 1. November ein Thier, das neben dem neuen Nucleus sechs Nucleusbruchstücke enthielt, während schon am 26. October das erste Thier mit einfachem Nucleus ohne Nucleusbruchstücke gefunden worden war.

Von einer Entwicklung von Embryonalkugeln und Embryonen ist natürlich ebensowenig die Rede, als von einer Eibildung und Ablage, da wir die wahre Bedeutung der Balbiani'schen Eier als eine ganz andere gefunden haben.

Schaaffhausen (72) will übrigens das Eierlegen von *P. Aurelia* wirklich gesehen und diesen Vorgang stundenlang beobachtet haben. Ob dies an wirklich aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren geschah, wird nicht angegeben. »Das mit Eikugeln, die von heller Flüssigkeit umgeben sind, strotzend gefüllte Thierchen lässt in einer Stunde mehrmals ein solches Ei austreten und zwar an verschiedenen Stellen des Hinterleibes« — »die von *Paramaecium*

gelegten Kugeln bleiben stundenlang unbewegt liegen und allmälig bildet sich ein Vorsprung an der Kugel mit einem Wimpersaum, mittelst dessen das Thierchen dann fortschwimmt.« Ich kann mich des Gedankens nicht erwehren, dass diese vermeintlichen Eier nichts weiter wie Speiseballen waren, welche nach stattgefundener Verdauung ausgeschieden wurden; oder hat Schaaffhausen nur die parasitischen Sphaerophryen von *P. Aurelia* beobachtet, die ihm ganz unbekannt zu sein scheinen, womit jedoch nicht in Uebereinstimmung zu bringen wäre, dass die ausgeschiedenen Kugeln ruhig liegen bleiben sollten. Jedenfalls können aber die Beobachtungen von Schaaffhausen das Eierlegen von *P. Aurelia* nicht beweisen.

Der Vollständigkeit wegen führe ich noch an, dass Balbiani nach Ablage seiner vermeintlichen Eier die Nucleusbruchstücke wieder zu einem Nucleus zusammentreten, den Nucleolus aber sich völlig neu bilden lässt. Eine Widerlegung der Stein'schen Ansichten über die ferneren Vorgänge in den aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere halte ich nicht für nöthig, da ihnen jede thatsächliche Grundlage fehlt.

Ich wende mich daher sogleich zur Besprechung der bei *P. putrinum* nach aufgehobener Conjugation statthabenden Vorgänge.

Diese Art war zwar die erste, bei welcher ich auf die wichtige Thatsache aufmerksam wurde, dass die acht streifigen Nucleoluskapseln nach aufgehobener Conjugation nicht schwinden; ich war jedoch bei ihrer Untersuchung noch zu weit von der richtigen Spur entfernt, um zu einem völligen Verständniss der Vorgänge zu gelangen.

Schon sehr kurze Zeit nach aufgehobener Conjugation bilden sich auch hier die acht ovalen, streifigen Nucleoluskapseln (Taf. VIII. Fig. 11) zu feingranulirten Kugeln um (Fig. 13); meist sah ich sie alle in dieser Weise umgebildet, wobei jedoch vier bis sechs sich durch ihre bedeutendere Grösse vor den anderen auszeichneten. Solche Zustände hatte ich schon früher gesehen und abgebildet (78; Taf. XXV. Fig. 5), jedoch im Anschluss an Balbiani falsch gedeutet, indem ich die granulirten Nucleoluskapseln für aus den Nucleolusbruchstücken hervorgegangene Eianlagen hielt. Ganz gegen Ende meiner Untersuchungen an *P. putrinum* machte ich noch eine Beobachtung, die es mir nun sehr wahrscheinlich macht, dass auch hier dieselbe Regelmässigkeit in der Weiterbildung der Nucleoluskapseln herrscht, die wir bei *P. Aurelia* fanden. Ein eben aus der Conjugation hervorgegangenes Thier wurde isolirt und hatte sich schon nach Ablauf von 24 Stunden getheilt; jeder der Theilsprösslinge (Figg. 12a u. b) enthielt zwei ansehnliche Nucleoluskapseln mit granulirtem Inhalt, daneben das eine noch eine, das andere hingegen drei geschrumpfte, jedoch noch sehr deutliche kleine Kapseln. Hiernach scheint es mir wahrscheinlich, dass sich auch hier bei weiterer Untersuchung dieselbe

Regelmässigkeit bezüglich der Umbildung der Nucleoluskapseln ergeben wird, wie bei *P. Aurelia.*

In meiner vorläufigen Mittheilung (79) schrieb ich die Verminderung der Zahl der körnigen Nucleoluskapseln, welche man schon am ersten oder zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation eintreten sieht, nur der, wie wir oben sahen, schon am zweiten Tag nach Lösung der Syzigie eintretenden Theilung zu; jetzt muss ich es für sicher halten, dass diese erste Verminderung dadurch geschieht, dass sich nur ein Theil (wahrscheinlich meist die eine Hälfte derselben) wie bei *P. Aurelia* weiter entwickelt, die anderen hingegen sich mehr und mehr rückbilden, um schliesslich wahrscheinlich ganz zu schwinden, wie bei den übrigen Paramaecien.*)

Man trifft also am zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation gewöhnlich vier bis sechs solcher, an Grösse etwas ungleicher Nucleoluskapseln (Figg. 13—16). Im lebenden Thier erscheinen sie hell, jedoch erkennt man bei hinreichender Pressung schon ihre granulirte Beschaffenheit. Die Fig. 15 abgebildete Form ist sehr interessant wegen ihrer Aehnlichkeit mit den Entwickelungszuständen der Nucleoli gewisser Infusorien (*Euplotes, Stylonichia*) während der Conjugation. Allmälig ändert sich jedoch die Beschaffenheit der Substanz der Kapseln, dieselbe wird mehr und mehr homogen und in ihrem Innern treten eine Anzahl dunklerer Körperchen auf (Taf. VIII. Figg. 17—20). Nach der Analogie mit *P. Bursaria* und *Aurelia* ist nun zu schliessen, dass sich ein Theil der so entstandenen lichten Körper wieder zu ächten Nucleoli zurückbildet, jedoch hat mir die Untersuchung keine sicheren Beweise hierfür an die Hand gegeben. Durch Theilung vermindert sich in den einzelnen Individuen die Zahl der lichten Nucleoluskörper; so zerfiel z. B. ein mit drei solchen Körpern versehenes Thier in zwei, von welchen das eine zwei, das andere nur einen dieser Körper mit sich nahm. Neben diesen lichten Körpern liessen sich zwischen den Nucleusbruchstücken meist noch ein bis drei kleine dunkle und feingranulirte Körper auffinden, welche ich für die durch Rückbildung der Nucleoluskapseln entstandenen Nucleoli zu halten geneigt bin. **)

Wir sehen also schliesslich Thiere hervorgehen, welche (Taf. VIII. Fig. 21) nur einen lichten Körper und daneben viele Nucleusbruchstücke, nebst einem oder mehreren Nucleoli enthalten.

---

*) Ganz sicher scheint mir letzteres Verhalten hier doch nicht, es wäre nämlich auch möglich, dass diese rückgebildeten Kapseln (Fig. 12) direct wieder die Nucleoli der aus der Conjugation hervorgehenden Thiere lieferten; bei dieser Voraussetzung würden sich meine Beobachtungen an *P. putrinum* viel einfacher erklären.

**) Der Leser wird sich wohl leicht selbst die Modificationen des Entwicklungsganges vergegenwärtigen, welche stattfinden würden, wenn die in vorstehender Anmerkung ausgesprochene Vermuthung sich als wirklich begründet erwiese.

Die weitere Entwickelung dieser Formen ist nun ganz dieselbe wie bei *P. Aurelia* und leider blieben auch hier die nämlichen Zweifel hinsichtlich des definitiven Schicksals der Nucleusbruchstücke. Der Bau dieser Nucleusbruchstücke ist anfänglich, in der ersten Zeit nach aufgehobener Conjugation, ein gleichmässig feinkörniger, verbunden mit einem mässig dunklen Aussehen. Bei einer Untersuchungsreihe traf ich sie jedoch auf vorgerückteren Stadien, wenn sich nur noch eine lichte Kugel in den Thieren fand, sämmtlich von sehr interessanter Beschaffenheit (Figg. 21, 22 und 23). Nach Behandlung mit Essigsäure hatte sich nämlich ihre Masse in einen Innenkörper und eine Aussenzone gesondert, ersterer mehr homogen, die letztere von granulirter Beschaffenheit. Der neugebildete, aus dem lichten Körper (Fig. 21) hervorgegangene, junge Nucleus (Figg. 24 und 25) zeigt nun stets eine Menge solcher homogenen Binnenkörper in seiner Masse; er hat nämlich ganz dieselbe Structur, welche der Nucleus von *P. Bursaria* gewöhnlich besitzt. Ich war daher natürlich anfänglich sehr geneigt, diesen Bau davon herzuleiten, dass die Nucleusbruchstücke sich mit dem lichten Körper vereinigten, doch liegt hierfür kein sicherer Beweis vor, da ja die ähnliche Structur des Nucleus von *P. Bursaria* gewiss nicht in dieser Weise entsteht, sondern durch Differenzirung in der Nucleusmasse.

Auch hier theilen sich die, mit in der Reconstitution begriffenem Nucleus versehenen Thiere, wobei dieser selbst getheilt wird.

Unter den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren, mit schon theilweise neugebildetem Nucleus, fanden sich jedoch auch eine Anzahl Individuen, in welchen von einem in der beschriebenen Weise neugebildeten Nucleus gar nichts zu entdecken war, sondern in ihnen waren die Nucleusbruchstücke allem Anscheine nach zu einer grösseren oder kleineren Zahl gleichmässig granulirter, ziemlich dunkler Kugeln zusammen getreten (Taf. IX. Fig. 1). In solchen Zuständen kann ich nur abnorme Bildungen erkennen, die sich wahrscheinlich dadurch erklären, dass sie aus Thieren hervorgegangen sind, welche bei der fortgesetzten Theilung gar keinen lichten Nucleoluskörper, also keine Anlage zu einem neuen Nucleus erhalten haben. Das merkwürdigste war mir, dass ich ein derartiges Thier mit einem normalen in Conjugation antraf (Taf. IX. Fig. 2), wobei sich in jedem der Thiere eine völlig normale Nucleoluskapsel entwickelt hatte.

Hieran schliesst sich denn auch der merkwürdigste Conjugationszustand von *P. putrinum*, welcher mir zu Gesicht kam. Jedes der conjugirten Thiere enthielt einen in der Entwickelung zu einer Kapsel begriffenen Nucleolus, jedoch nur das eine einen noch unveränderten Kern, das andere hingegen entbehrte jedes Rudimentes eines Nucleus.

C. Untersuchungen an *Cyrtostomum (Frontonia) leucas* Ehrbg.

Taf. XIII. Figg. 9—11.

Balbiani gibt an (66; p. 490): dass sich bei *Cyrtostomum leucas* und *Panophrys* (*Bursaria* Ehrbg.) *flava* ganz die gleiche Art der Eientwickelung finde, wie bei *Paramaecium Aurelia*. Stein dagegen hat bei den Conjugationszuständen der erstgenannten Art immer einen noch unveränderten Nucleus und meist eine unentwickelte Samenkapsel angetroffen (68; p. 92).

Ich hatte nur einmal Gelegenheit *Cyrtostomum leucas* in grösserer Menge conjugirt anzutreffen; da ich nun schon wusste, dass der Schwerpunkt der Untersuchung in der Ermittelung des Verhaltens nach beendigter Conjugation liege, so untersuchte ich nur wenige Syzigien und sparte den grösseren Theil der Thiere für spätere Beobachtungen auf. Leider trat jedoch bald ein allgemeines Sterben ein, so dass ich nur wenige Stadien zur Ansicht bekam.

Während der eigentlichen Conjugation bleibt der Kern wohl wie bei *P. Aurelia* ziemlich unverändert. Bedeutend vergrösserte Nucleoluskapseln sah ich nicht, dagegen fand ich in jedem Thier einer Syzigie (Fig. 9) nicht weniger wie sechs spindelförmige Kapseln mit deutlicher Hülle und streifigem Inhalt; einige Anzeichen sprechen jedoch dafür, dass ihre Zahl noch mehr, wahrscheinlich acht betrug.

Einige Zeit nach aufgehobener Conjugation fand ich den Nucleus zu einem langen, fast durch den gesammten Leib des Thieres sich ausdehnenden, mehrfach verästelten Band ausgewachsen (Fig. 10). Vier kleine Nucleoluskapseln von derselben Beschaffenheit wie früher liessen sich deutlich erkennen.

Den zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation ergab die Untersuchung eines Thieres, dass der Nucleus schon völlig in Bruchstücke von etwas verschiedener Grösse zerfallen war (Fig. 11). Zwischen einigen zwanzig derartigen, nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) gleichmässig und ziemlich dunkel granulirt erscheinenden Bruchstücken, fanden sich einige kleine, nach Essigsäurebehandlung dunkle, sehr feinkörnige Körperchen mit abstehender Hülle, eine genaue Feststellung ihrer Zahl war nicht möglich. Es sind dies ohne Zweifel durch Umwandlung der Nucleoluskapseln hervorgegangene Gebilde, die, wie bei den Paramaecien, sicherlich noch eine bedeutende Rolle zu spielen berufen sind. Diese zu ermitteln, gelang jedoch nicht, da bis zum folgenden Tag sämmtliche Thiere abgestorben waren.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE MASS.

D. Untersuchungen an *Colpidium Colpoda* und *Glaucoma scintillans*.

Taf. IX. Figg. 7—13.

Die auffallende Uebereinstimmung, welche diese beiden Arten in den Verhältnissen, wie sie im Laufe der Conjugation eintreten, so weit sich dies erforschen liess, zeigen, bestimmen mich, sie hier der Kürze wegen gleichzeitig zu besprechen. Ueber *Colpidium* (*Paramaecium*) *Colpoda* habe ich früher einige Bemerkungen gemacht, die sich auf die Constatirung einer Nucleoluskapsel und die Nichtveränderung des Kernes während der Conjugation beschränkten (78; p. 667).

Ueber *Glaucoma scintillans* liegen einige Mittheilungen Balbiani's vor (66; p. 519; Taf. IX. Figg. 21—22).

Aus Versehen hatte ich früher angegeben, bei *Colpidium* keinen Nucleolus gefunden zu haben, ich hatte jedoch nur die betreffende Notiz in meinem Tagebuch übersehen.

Bei den Conjugationszuständen von *Colpidium* trifft man gewöhnlich vor dem rundlichen Nucleus eine sehr langgestreckte, im lebenden Thier sich als ein heller Streif markirende Nucleoluskapsel (Fig. 9), über deren Bau man durch Behandlung des Thieres mit Essigsäure nur wenig Aufschluss erhält. Sucht man dieselbe jedoch durch Zerdrücken des Thieres zu isoliren, so schnurrt sie beim Heraustreten zusammen; ihre Membran bläht sich hierbei zu einer ovalen Blase auf, in der man ein geschlängeltes Fadenbündel liegen sieht, welches sich mit zwei Körnerpartien an die Membran ansetzt. Zuweilen bleibt jedoch auch noch ein Theil des Faserstranges in seinem ursprünglichen, gestreckten Zustand und hängt dann dem zusammengeschnurrten und aufgeblähten Theil wie ein Schwanz an (Taf. X. Figg. 26—28). Dieses Stadium der Nucleoluskapsel ist wohl mit dem früher beschriebenen, direct aus dem Nucleolus von *P. Bursaria* und *Aurelia* hervorgehenden Stadium der grossen und gekrümmten Kapsel zu vergleichen. Leider gelang es mir nicht, die weiteren Schicksale dieser Nucleoluskapsel zu verfolgen. Beobachtet man lebende Thiere, so sieht man die Kapsel immer, nicht allzulange Zeit vor der Lösung der Syzigie, sich etwas verkleinern und undeutlicher werden und schliesslich scheint sie gänzlich zu verschwinden. Meine Uebung in der Untersuchung derartiger Dinge war jedoch, als ich diese Beobachtungen anstellte, noch nicht gross und ich war fernerhin auch noch in der Vorstellung befangen, dass ein Verschwinden der Nucleoluskapseln das normale Verhältniss sei. Nach allen vollständigeren Untersuchungen, die ich seit dieser Zeit bei anderen Infusorien anzustellen Gelegenheit hatte, ist dies Verschwinden der Nucleoluskapseln jedoch keineswegs der Fall, so dass ich auch bei unserer Art wohl mit Recht vermuthen zu dürfen glaube, dass die Nucleoluskapsel sich noch weiter theile und aus Gründen, welche ich sogleich näher erörtern werde, scheint es mir wahrscheinlich, dass hier vier Nucleoluskapseln durch Theilung der grossen Kapsel hervorgehen.

Die genauere Feststellung dieser Verhältnisse muss ich jedoch einer erneuten Untersuchung überlassen.

Gegen Ende der Conjugation trifft man nun neben dem etwas verkleinerten Kern zwei kleine, sehr lichte Kugeln (Fig. 10). Ursprünglich glaubte ich, dass diese beiden Kugeln einem Theilungsprocess des Nucleus ihren Ursprung verdankten und habe diese Ansicht auch noch in meiner vorläufigen Mittheilung (79) vertreten; nach den Erfahrungen bei *P. Bursaria* und *Stylonichia Mytilus* muss ich dies jedoch nun für sehr unwahrscheinlich erklären, um so mehr als ich bei *Colpidium*, sowie dem in dieser Hinsicht sich ganz gleich verhaltenden *Glaucoma scintillans*, keine directen Anzeichen eines Zerfalls des Nucleus auffinden konnte. Ich muss es daher jetzt für höchst wahrscheinlich halten, dass diese beiden kleineren lichten Kugeln, in ähnlicher Weise wie bei *P. Bursaria*, aus Nucleoluskapseln hervorwachsen. Verfolgt man nun die eben aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere weiter, so sieht man sehr bald, dass der schon verkleinerte Kern allmälig an Grösse mehr und mehr abnimmt und gleichzeitig dunkler wird, bis er sich schliesslich zu einer kleinen dunkelen, etwas glänzenden Kugel verdichtet hat, welche nach dem Hinterende des Thieres verschoben wird. Nach einiger Zeit sieht man diese Kugel dann manchmal wieder etwas lichter werden, ohne dass sie jedoch an Grösse zunähme. Das fernere Schicksal dieses so rückgebildeten Kernes zu ermitteln, wollte mir lange Zeit nicht glücken, er war immer ganz plötzlich verschwunden. Dies brachte mich zunächst auf den Gedanken, dass hier doch wirklich eine Ausstossung stattfände, von welcher Balbiani zwar viel erzählt, sie jedoch in keinem Fall nachgewiesen hatte. Ich beobachtete daher ein solches Thier anhaltend und hatte das Glück mich mit vollständiger Sicherheit davon zu überzeugen, dass der rückgebildete Kern wirklich aus dem Hinterende des Thieres, wahrscheinlich dem After, ausgestossen wird. Ich verfolgte ihn einige Zeit im umgebenden Wasser, verlor ihn jedoch aus den Augen, da er von einer zufällig eintretenden Strömung weggerissen wurde. Es gehört etwas Glück dazu, diese Ausstossung zu beobachten, da sie in einem Moment vollzogen ist; gewöhnlich erfolgt sie etwa zwei bis drei Stunden nach aufgehobener Conjugation, einmal sah ich den rückgebildeten Kern erst am zweiten Tage nach aufgehobener Conjugation verschwinden.

Mittlerweile sind jedoch die beiden kleinen lichten Kugeln beträchtlich herangewachsen und ihre Masse zeigt sich nach Behandlung mit 1 % Essigsäure gleichmässig granulirt. Sie erlangen bald das Aussehen zweier Kerne, welche dicht aneinander gepresst sind, ohne dass sich jedoch eine Vereinigung beider herstellte. So verharren denn die Thiere in diesem Zustand einige Tage lang ohne Nahrung zu sich zu nehmen, da sie keinen Mund besitzen, der während der Conjugation seinen Untergang fand. Erst am siebenten Tage nach aufgehobener Conjugation

fand ich einen neuen Mund und wieder Speiseballen im Endoplasma. Am achten Tage hatte sich das betreffende Thier, das noch den vorhergehenden Tag die zwei Kerne enthielt, getheilt und jeder der Theilsprösslinge zeigte nun wieder einen einfachen Nucleus.

Leider vermag ich über die Entstehung eines Nucleolus nichts beizubringen; ich war zu der Zeit, als ich diese Untersuchungen anstellte, noch der Meinung, dass derselbe sich völlig neubilde. Wahrscheinlich geht er jedoch auch hier durch Rückbildung einer Nucleoluskapsel wieder hervor.

Glaucoma scintillans stand mir nur in sehr geringer Menge zur Verfügung, auch gelang es mir nicht, die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere länger wie zwei bis drei Tage am Leben zu erhalten.

Bei conjugirten Paaren traf ich neben dem Kern zwei deutliche Nucleoluskapseln mit streifig differenzirtem Inhalt, jedoch bemerkte ich nicht die von Balbiani angegebene Theilung des Kernes zu zwei vermeintlichen Eiern. Eben aus der Conjugation hervorgegangene Thiere zeigen nun, wie die von *Colpidium Colpoda*, einen grösseren rundlichen, nach Essigsäurebehandlung dunkelfeinkörnigen Körper, den schon etwas verkleinerten und verdichteten Kern und daneben zwei lichte, kleine, nach Essigsäurezusatz feinstreifig-körnig erscheinende Körper (Taf. IX. Fig. 12). Letztere zwei Körper deute ich als im Hervorwachsen begriffene Nucleoluskapseln. Der Kern fährt nun in seiner Verdichtung und Verkleinerung stetig fort und wird bald zu einer kleinen dunkelglänzenden, homogenen Kugel; die beiden lichten Körper hingegen wachsen allmälig etwa zur halben Grösse des ursprünglichen Kernes heran (Taf. IX. Fig. 13). In diesem Zustand verweilen die Thiere einige Tage nach der Lösung der Syzigie, indem die drei Körper in ihrem Innern vielfach verschoben werden. Wahrscheinlich ist nun der weitere Entwickelungsgang hier sehr ähnlich wie bei *Colpidium Colpoda*, jedoch machte das regelmässige Absterben der Thiere der Untersuchung an dieser Stelle immer ein Ende.

E. Untersuchungen an *Blepharisma lateritia* Ehrbg.

Taf. XIII. Figg. 1—5.

Dieses so interessante, durch seine meist rosenrothe Färbung ausgezeichnete, heterotriche Infusionsthier wurde schon vor langer Zeit von O. F. Müller in Conjugation beobachtet*). Auch Stein beschreibt (68; p. 83—84) eine Anzahl Formen, welche er als aus der Conjugation

*) Vergl. O. F. Müller, *Animalcula infusoria* p. 185. *Trichoda aurantiaca* u. Taf. XXVI. Fig. 16. Müller deutet die von ihm gesehene Vereinigung zweier Individuen schon sehr richtig als Paarung und nicht als Längstheilung, auch ist sowohl seine Schilderung als Abbildung dieser Vereinigung zweier Thiere sehr zutreffend.

hervorgegangene und in der geschlechtlichen Fortpflanzung begriffene betrachtet; ihre Beurtheilung wird weiter unten versucht werden.

Unsere Art enthält einen ovalen einfachen Nucleus; so leicht dieser jedoch auch bemerkbar ist, so schwierig ist hingegen die Frage nach dem Vorhandensein von Nucleoli zu lösen. Balbiani will bei unserem Thier einen Nucleolus gefunden haben (64); Engelmann (110) kam darüber zu keiner Sicherheit und Stein (68) gibt an, dass alle seine Bemühungen, einen Nucleolus zu finden, vergeblich waren.

Diese Frage ist jedoch auch bei *Blepharisma lateritia* sehr schwierig zu entscheiden, da es zu denjenigen Infusorien gehört, welche sich kaum oder doch nur sehr schwierig zum Zerfliessen bringen lassen und nur durch diese Procedur lassen sich kleine Nucleoli mit Sicherheit erkennen; Behandlung mit Essigsäure gibt selten entscheidende Bilder. Auch mir glückte es nicht, in den gewöhnlichen Thieren einen Nucleolus mit Sicherheit nachzuweisen, dennoch zweifle ich kaum an der Anwesenheit von nicht einem, sondern mehreren Nucleoli bei unserem Thier, da nämlich im Laufe der Conjugation deutliche Nucleoluskapseln auftreten.

Die Conjugation geschieht, wie bei den verwandten Infusorien und wie Stein schon richtig vermuthete, nur mittelst der Peristome, jedoch nicht, wie er glaubte, nur mit einem der Ränder des Peristomfeldes, sondern durch Verschmelzen der Peristomfelder längs ihrer ganzen Mittellinie, von dem Vorderende der Thiere bis dicht vor die Mundöffnung. Die Peristomränder selbst bleiben demnach ganz frei, ähnlich wie bei den späterhin noch zu besprechenden Conjugationszuständen der *Condylostoma Vorticella* Ehrbg.

Während der gesammten Dauer der Conjugation zeigt der, nach Behandlung mit Essigsäure gleichmässig und ziemlich feingranulirte Nucleus keine Veränderungen und geht in seiner ursprünglichen Gestalt in die sich trennenden Thiere hinüber. Dagegen bemerkt man an stark gepressten und dann mit 1 % Essigsäure behandelten, conjugirten Thieren stets sehr deutlich eine Anzahl kleiner nucleolusartiger Körperchen (Fig. 1). Dieselben machen etwa den Eindruck kleiner Zellkerne, indem sie als von einer dunklen Hülle umschlossene Bläschen erscheinen, in welchen ein dunkles, centrales oder excentrisches Körperchen liegt. Einige Male sah ich von diesem Körperchen feine Fasern nach der Hülle laufen, auch finden sich zuweilen solche Bläschen, welche nur einige dunkle Granula, jedoch keinen deutlichen, grösseren Binnenkörper enthalten. Die Zahl der, in jedem der conjugirten Thiere enthaltenen Körperchen dieser Art fand ich sehr verschieden; einmal traf ich nur zwei, dann wieder drei, einmal in dem einen Thier sieben, in dem anderen acht, das in Fig. 1 abgebildete Paar zeigte sogar elf in dem linken und ungefähr sechs in dem rechten Individuum. Es ist jedoch begreiflich, dass eine

genauere Feststellung der Zahl dieser kleinen, durch die verhältnissmässig grossen Thiere zerstreuten Körperchen auf grosse Schwierigkeiten stösst. Die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zeigten von den beschriebenen Körperchen nichts mehr; hingegen traf ich bei einem ganz kurz nach aufgehobener Conjugation untersuchten Thiere vor und hinter dem Kerne je eine sehr deutliche, ovale, kleine Nucleoluskapsel. Diese Kapseln waren sehr hübsch längsfaserig und die Mitten der Fasern zu je zwei dunkelen Knötchen angeschwollen, welche zusammen eine doppelte Körnerzone im Aequator der Kapsel bildeten (Fig. 2).

Statt dieser beiden unzweifelhaften Nucleoluskapseln, trifft man nun bei den, kurz nach aufgehobener Conjugation untersuchten Thieren zwei kleine, sehr lichte Körperchen von ursprünglich gleichfalls noch ovaler Gestalt neben dem Kerne. Nach Behandlung mit Essigsäure (1%) zeigen dieselben einen ziemlich grob- und dunkelgranulirten Inhalt. Diese kleinen lichten Körper wachsen nun rasch zu runden, hellen Kugeln heran, in welchen regelmässig ein excentrisch liegendes, dunkles Körperchen erscheint (Taf. XIII. Fig. 3). Im Gegensatz hierzu verkleinert und verdichtet sich der Kern beträchtlich, so dass er, den zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation, sich als ein ziemlich unregelmässiger, häufig ganz runzlig verschrumpfter Körper (Fig. 5) schon im lebenden Thier präsentirt, welchen die beiden hellen Kugeln zusammengenommen an Volumen übertreffen. Zu einer so homogenen und dunkelen Kugel, wie wir sie bei *Colpidium* und *Glaucoma* fanden, verdichtet sich jedoch der Kern hier nicht.

Am dritten Tage nach aufgehobener Conjugation traf ich zuerst auf Thiere, welche den Kern ganz verloren hatten und ich kann daher nicht zweifeln, dass der schon vorher sehr reducirte und verschrumpfte Kern auch hier ausgeworfen wird (Taf. XIII. Fig. 4). Die lichten Kugeln sind noch mehr vergrössert wie früher, nach Behandlung mit Essigsäure erscheinen sie schwach granulirt; das dunkele Körperchen in ihnen scheint um diese Zeit wieder zu schwinden.

Länger gelang es mir nun nicht, die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere lebend zu erhalten; schon am zweiten Tage nach Lösung der Syzigie starben viele ab, der Rest am dritten Tage.

Die Thiere, welche Stein als aus der Conjugation hervorgegangene und in der geschlechtlichen Fortpflanzung begriffene betrachtet, enthielten statt des Nucleus zwei bis acht kleinere, ganz homogene Kugeln von verschiedener Grösse und in mannigfach wechselnder Lagerung. Er leitet diese Kugeln von einem Zerfall des Nucleus her und ergeht sich in längeren Betrachtungen über die Modalitäten dieses hypothetischen Theilungsprocesses. Mit den von mir gesehenen Zuständen kann ich nur das, von Stein auf Taf. I. Fig. 8 (68) abgebildete Thier mit zwei grossen, nebeneinanderliegenden Kugeln in Zusammenhang bringen. Wollte man auch die

von Stein und Engelmann gesehenen Thiere mit mehr wie zwei Kugeln, als aus der Conjugation hervorgegangene betrachten, so müsste man entweder annehmen, dass die beiden hellen, aus den Nucleoluskapseln hervorgehenden Kugeln (Fig. 4) sich späterhin noch mehrfach theilten oder aber, dass die Conjugation bei unserer Art in ganz verschiedener Weise verlaufen könnte. Beide Eventualitäten halte ich für mehr wie unwahrscheinlich. Die erstere deshalb, weil die Vorgänge bei *Blepharisma* uns die grösste Analogie mit denen von *Colpodium Colpoda* bieten, ja ihrerseits die Entstehung der lichten Kugeln bei diesem Infusor noch aufzuklären im Stande sind. Es darf daher wohl auch geschlossen werden, dass das Schicksal der beiden hellen Kugeln dasselbe ist wie bei *Colpidium*, dass sie also dazu bestimmt sind neue Nuclei zu werden. Die zweite der oben ausgesprochenen Eventualitäten scheint mir aber deshalb nicht zulässig, weil ich die Vorgänge während der Conjugation zwei Mal, zu verschiedenen Zeiten, ganz in der von mir geschilderten Weise verlaufen sah. Ich bin daher geneigt, die, von Stein und Engelmann gesehenen Thiere, mit vielen Kugeln an Stelle des Nucleus, als abnorme, mit der Conjugation nicht im Zusammenhang stehende, zu betrachten.

F. Untersuchungen an *Chilodon Cucullulus* Ehrbg.

Taf. VII. Figg. 20—23.

Leider standen mir von diesem, zur Untersuchung sehr geeigneten Thierchen nur ganz vereinzelte Conjugationszustände zur Verfügung, so dass ich nur einzelne Stadien zu Gesicht bekam, welche jedoch die früheren Beobachtungen von Stein und Balbiani wesentlich ergänzen und immerhin einen Schluss auf das wahrscheinliche Ziel des ganzen Conjugationsprocesses gestatten.

Die von mir gesehenen Conjugationszustände waren sämmtlich in der schon von Engelmann (110; pag. 350) beschriebenen Weise gebildet; die beiden zusammengetretenen Thiere hatten nämlich ihre Mundöffnungen dicht aufeinandergepresst (Taf. VII. Fig. 20).

Nach erfolgter Conjugation entwickelt sich der kleine Nucleus zuerst durch einfaches Auswachsen zu einer langgestreckten, schmalen Kapsel, welche nach Behandlung mit Essigsäure einen körnigen, geschrumpften Inhalt zeigt (Fig. 20). Diese langgestreckte Kapsel wandelt sich später, wie wir das ja auch in ähnlicher Weise bei den Paramaecien trafen, in eine ovale, eigentliche Samenkapsel um, wie Taf. VII. Fig. 23 zeigt. Der Bau derselben ist recht eigenthümlich; in ihrer Mittelregion enthält sie nämlich eine Anzahl parallel nebeneinander liegender, dunkler Stäbchen, von welchen jedes nach den Enden zu in ein Büschel feiner Fasern ausläuft. Diese Kapsel theilt sich nun in ganz derselben Weise wie die der Paramaecien, wobei die

BIOLOGICAL LIBRARY

beiden Theilhälften mit ihrem Verbindungsfaden (Taf. VII. Fig. 22) sich fast bis zur Länge des sie einschliessenden Thieres ausziehen. Es ist daher nicht richtig, wenn Balbiani von *Chilodon Cucullulus* behauptet, dass er nur eine Samenkapsel producire (66; pag. 499). Das Paar, welches die in Theilung begriffene Kapsel in dem einen Thier zeigte, enthielt in dem anderen eine noch nicht in Theilung begriffene Kapsel (Fig. 23), es finden sich also hier zuweilen Unregelmässigkeiten in dem Entwicklungsprocess der Nucleoli der beiden conjugirten Thiere.

Die, direct aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zeigen einen noch gänzlich unveränderten Nucleus und hinter diesem einen, den Nucleus an Grösse übertreffenden, lichten Körper, der nach Behandlung mit Essigsäure sehr schwach granulirt erscheint (Taf. VI. Fig. 21); dicht neben diesem liegt schon wieder ein deutlicher Nucleolus, der nach Behandlung mit Essigsäure als ein dunkles, schwachkörniges Kügelchen mit abstehender Hülle erscheint. Der lichte Körper ist in raschem Wachsthum begriffen und erreicht am zweiten Tage nach aufgehobener Conjugation eine Grösse, welche drei- bis viermal die des Kernes übertrifft; der Nucleolus liegt ihm nun dicht an.

Diese letzteren Formen, mit dem grossen lichten Körper und dem noch unveränderten Nucleus, sind schon vor längerer Zeit von Stein beobachtet worden (vergl. 67; Taf. I. Figg. 13 und 18), später (68; pag. 60—61) nahm er auch an, dass dieselben aus der Conjugation hervorgegangen seien, wiewohl dies nirgends direct bewiesen worden ist. Ursprünglich liess er den lichten Körper aus einem Theilstück des Nucleus hervorgehen, nach neueren Untersuchungen vermuthete er in demselben hingegen den vergrösserten, Spermatozoën entwickelnden Nucleolus, da er ihn nämlich mehrmals mit kurzen Stäbchen erfüllt sah. Solche Stäbchen sah ich niemals in diesem Körper.

Es unterliegt nun auch keiner Frage, dass nach allen unseren Erfahrungen bei anderen Infusionsthieren dieser lichte Körper aus einer der Nucleuskapseln hervorgeht, während eine zweite Kapsel durch Reduction wieder zu der Form eines einfachen Nucleolus zurückkehrt. Unentschieden bleibt es jedoch noch, wieviel Nucleoluskapseln sich bei der Conjugation durch Theilung des Nucleolus entwickeln. Ich habe die Theilung zu zweien beobachtet, möglicher Weise können sich jedoch auch diese nochmals zu vieren theilen, von welchen dann, in ähnlicher Weise wie bei *P. Bursaria,* die Hälfte entfernt würde, die zwei anderen hingegen zu einem neuen Nucleus und Nucleolus sich umbildeten.

Unentschieden bleibt auch vorerst das Schicksal des ursprünglichen Nucleus. Nach Balbiani wird derselbe einfach einige Zeit nach aufgehobener Conjugation als Ei ausgeschieden;

es ist jedoch bei der Art der Balbiani'schen Darstellung unmöglich zu entscheiden, was Beobachtung, was Annahme ist. Stein will statt des gewöhnlichen Nucleus in manchen Fällen zwei, auch drei kleinere rundliche Körper neben dem lichten Körper beobachtet haben, welche sich durch ihr centrales, helles Bläschen, als Abkömmlinge des Nucleus verriethen. Dies liesse vermuthen, dass der Nucleus sich später noch theile; da jedoch in diesen Fällen der lichte Körper häufig nur eben so gross sein soll als die Theilstücke des Nucleus, so macht mich dies in der Beurtheilung dieser Formen sehr zweifelhaft. Ich halte es für das Wahrscheinlichste, dass der alte Nucleus schliesslich ausgeworfen wird und der lichte Körper sich zu einem neuen Nucleus verdichtet, worauf dann wieder normale Thiere hergestellt wären.

Wem Conjugationszustände unseres Thieres in grösserer Anzahl zu Gebote stehen, der wird die aufgeworfenen Fragen leicht aufklären können, da die Untersuchung dieser Formen wenig Schwierigkeiten bietet.

G. Untersuchungen an *Condylostoma (Bursaria) Vorticellà* Ehrbg.

Taf. XIII. Figg. 12 u. 13.

Dieses sehr interessante Infusor wurde von Stein bei Prag 1867/68 wieder gefunden und als eine *Condylostoma* erkannt (69). Wrzesniowski hat dasselbe 1865 bei Krakau aufgefunden und 1867 in den Jahrbüchern der wissenschaftlichen Gesellschaft zu Krakau unter dem Namen *C. stagnale* beschrieben; diese Abhandlung wurde später in deutscher Sprache in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 1870, p. 467 wieder abgedruckt, wo sich p. 487 die Beschreibung des Thieres nach einem einzigen Exemplar findet.

Unser Thierchen scheint in hiesiger Gegend ziemlich häufig zu sein. Zuerst erhielt ich es in sehr reichlicher Menge durch Uebergiessen gefrornen Schlammes aus dem sogenannten Rechneigraben in den Promenaden Frankfurts; hier entwickelte es sich sehr rasch in Gesellschaft von Brachionen und *Notommata Sieboldii*. Später traf ich es jedoch nicht selten in verschiedenen stehenden Gewässern hiesiger Gegend. Einige Male fand ich auch Conjugationszustände, jedoch nicht reichlich und konnte sie, wie dies bei verhältnissmässig so grossen Infusorien gewöhnlich der Fall ist, nur wenige Tage am Leben erhalten.

Meine Beobachtungen über die Vorgänge während der Conjugation sind daher auch sehr unzulänglich; ich will sie aber dennoch hier mittheilen, weil sie sich auf ein so interessantes Thierchen beziehen. Die Conjugation erfolgt auch hier, wie bei den heterotrichen Infusorien sehr allgemein, nur mittels der Peristomfelder; die Thierchen kehren diese gegen einander und dieselben verschmelzen etwa in ihrer Mitte; so bildet sich zwischen den Mitten der beiden

Peristomfelder, dicht oberhalb des Mundes, eine breite Plasmabrücke, welche die beiden Thiere verbindet. Die adoralen Wimpern bleiben also bei beiden Thieren völlig intact erhalten. Gewöhnlich zeichnen sich die conjugirten Thiere noch dadurch aus, dass ihre Hinterenden dicht von dunklen Körperchen angefüllt sind, welche sich bei den einfachen Thieren spärlicher im Endoplasma zerstreut vorfinden (Fig. 12).

Die einfachen Thiere enthalten einen, längs des rechten Seitenrandes sich hinziehenden, rosenkranzförmigen Nucleus von ziemlich dichter, dunkler Beschaffenheit. Die Zahl seiner Glieder ist, wie bei einem derartigen Bau gewöhnlich, recht wechselnd; ich zählte in einer Anzahl Fällen etwa sechs bis zwölf von sehr verschiedener Grösse und Gestalt. Es gelang mir nicht, mit Sicherheit etwas von Nucleoli aufzufinden, ebensowenig wie ich bei den wenigen von mir untersuchten Conjugationszuständen Nucleoluskapseln aufzufinden vermochte. Der Nucleus zeigte sich, während der Conjugationsdauer selbst, noch in seiner ursprünglichen Gestalt.

In den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren hingegen findet man statt seiner eine verschiedene Anzahl dunkler, mehr verdichteter Kugeln, die ihrer Grösse nach etwa einem Nucleusglied entsprechen (Fig. 13) und unter einander in keinem Zusammenhang mehr stehen. Ihre Zahl schwankte zwischen vier und sieben; in ihrer Grösse blieben sie sich so ziemlich gleich. Einmal glaubte ich, bei einem Thiere den Verlust einer derartigen Kugel von einem zum anderen Tage constatiren zu können. In dieser Beschaffenheit traf ich noch das letzte der mir zur Verfügung stehenden Thiere am fünften Tag nach aufgehobener Conjugation an. Diese unzureichenden Beobachtungen gestatten es nicht, sich auch nur ein ungefähres Bild des wahrscheinlichen Verlaufs der weiteren Entwicklung der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zu machen. Auch die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen an nahe verwandten Thieren mit rosenkranzförmigen Nucleus, welche Stein und Balbiani bei *Stentor* und *Spirostomum* gemacht haben, lassen, hinsichtlich der Deutung des oben geschilderten Nucleuszerfalls, kaum mit Sicherheit etwas schliessen.

Bei *Stentor coeruleus* beobachtete Balbiani (66), bei *St. polymorphus* Stein (69), den Zerfall des rosenkranzförmigen Nucleus in seine einzelnen, sich abrundenden Gliedern. Nach Balbiani sind dies die Eier, welche später nach Aussen abgelegt werden; nach Stein's, nicht ausführlicher publicirten Mittheilungen sollen sich jedoch die Nucleuskugeln der beiden conjugirten Thiere wechselseitig zu lichten Körpern vereinigen, aus welchen dann später die Embryonalkugeln hervorgingen. Ich werde späterhin, bei der Besprechung der sogenannten Embryonen der ciliaten Infusorien, wieder auf diesen sehr unwahrscheinlichen Entwicklungsgang zurückkommen.

Wir sehen also, dass diese sich sehr widersprechenden Beobachtungen leider nichts zur Aufklärung des Schicksals der dunklen Kugeln, in welche der Nucleus bei *Condylostoma Vorticella* in Folge der Conjugation zerfällt, beitragen können.

H. Untersuchungen an *Bursaria truncatella* Ehrbg.

Taf. XI. Figg. 11—20.

Conjugationszustände von *Bursaria truncatella* scheint nur Balbiani gesehen zu haben, obgleich er sie nirgends beschreibt oder überhaupt nur specieller erwähnt, sondern sich auf die Angabe beschränkt, dass in Folge der Conjugation der Nucleus unsrer Thiere in vier Eier zerfalle (66; pag. 475).

Im ersten Frühlinge des Jahres 1875 traf ich auf eine Anzahl Conjugationszustände dieses grössten aller Infusionsthiere, die mir zwar keinen vollständigen, so doch immerhin einen nothdürftigen Einblick in die hier stattfindenden Processe gestatteten.

Die in Conjugation begriffenen Bursarien haben immer ihr Peristom nebst Mund völlig verloren, von allen den hiermit in Zusammenhang stehenden Einrichtungen (s. Taf. XI. Fig. 17), liess sich bei den conjugirten Thieren gar nichts mehr wahrnehmen, höchstens ist eine schwache, auf der Bauchseite verlaufende Einbuchtung vorhanden, welche das ehemalige, tief eingesenkte Peristom andeutet. Die beiden in Conjugation befindlichen Thiere sind mit den Bauchflächen ihrer vorderen, rechten Seitenecken übereinander geschoben und hier auf eine kleine Strecke hin verschmolzen (Figg. 11 u. 12). Es fanden sich sowohl gleich grosse, als auch in ihrer Grösse sehr verschiedene Thiere mit einander in Vereinigung. Im Laufe der Conjugation werden die Thiere durch Anhäufung einer Menge sehr feiner, dunkler Körnchen in ihrem Endoplasma viel dunkler, so dass die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere sich im durchfallenden Licht durch eine intensiv bräunlichgelbe Färbung auszeichnen.

Die nähere Untersuchung conjugirter Paare ergab nun stets einen Zerfall des bandförmigen Nucleus (Fig. 17) in eine beträchtliche Anzahl einzelner Segmente. So zählte ich in dem, in Fig. 12 abgebildeten Paar in dem einen Thier zwölf, in dem anderen hingegen nur sechs Segmente. Diese Nucleusbruchstücke besitzen nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) theils eine rundliche bis längliche, theils eine mehr unregelmässige bis eckige Gestalt (Figg. 13—15). Sie zeigen eine deutliche Hülle, einen grobkörnigen Inhalt und einen oder mehrere dunklere, gelbliche, ziemlich homogene Binnenkörper von meist abgerundeter, zuweilen jedoch auch länglicher Gestalt (Fig. 13). Sehr häufig finden sich drei solcher runder, zu einem kleeblattartigen

Gebilde theilweis vereinigter Körper (Figg. 12 u. 14), zuweilen liegen sie jedoch auch isolirt innerhalb des Segmentes (Fig. 15).

Beim Zerdrücken eines Paares traf ich nun aber deutliche, durch Umbildung der Nucleoli hervorgegangene Kapseln; dieselben erinnerten in ihrem Bau auffallend an ein gewisses Stadium der Kapseln von *Stylonichia Mytilus*; sie zeigen nämlich (Taf. XI. Fig. 18) einen feinkörnigen, centralen Kern und von diesem ausstrahlend, eine grosse Zahl feiner Fasern, welche sich nach der Hülle und einer, längs dieser auf eine gewisse Strecke hin sich findenden Körnermasse begeben. Das Entstehen dieses interessanten Baues der Nucleoluskapseln aus der Formation des ursprünglichen Nucleolus (Figg. 19 u. 20), die oben pag. 286 beschrieben wurde, ist nicht schwer verständlich; der centrale Kern der Kapsel entspricht dem Binnenkörper des Nucleolus, die Körnermasse dem Rest der Umhüllungszone. Das conjugirte Paar liess etwa ein Dutzend solcher Kapseln mit Sicherheit erkennen, welche zum grösseren Theil dem einen der Thiere anzugehören schienen.

In den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren fand ich von Nucleoluskapseln oder Nucleoli nichts, doch will dies nicht viel sagen, da ich die Nucleoli der *Bursaria* erst durch spätere Untersuchungen erkannte.

Die Beschaffenheit der Nucleussegmente ist bei den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren noch die früher beschriebene. Ihre Zahl ist sehr verschieden und hängt ohne Zweifel von der Grösse des ursprünglichen Nucleus ab. In einem sehr kleinen Thier traf ich einmal nur vier, in grösseren hingegen sechs bis elf Segmente.

Vier Syzigien, welche ich in einer grossen Wassermenge isolirt hatte, starben schon den ersten Tag nach aufgehobener Conjugation sämmtlich ab. Da jedoch die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere durch den Mangel des Peristoms etc. leicht kenntlich sind, so suchte ich nach solchen in dem Wasser, welches mir die Conjugationszustände geliefert hatte; es fanden sich denn auch darin noch eine ziemliche Zahl solcher Thiere, worunter denn auch nun solche Formen, die neben den gewöhnlichen Nucleussegmenten eine Anzahl dunkler, glänzender und bedeutend kleinerer Kugeln zeigten (Taf. XI. Fig. 16). Aber auch in den Segmenten war die gesammte Inhaltsmasse schon zu einem gemeinsamen Körper verdichtet. Hieraus lässt sich nun ohne Zweifel der Schluss ziehen, dass die dunkeln Kugeln durch eine bedeutende Verdichtung der Nucleussegmente entstehen, in ähnlicher Weise, wie wir derartige Kugeln bei gewissen anderen Infusorien aus den Theilstücken des Nucleus hervorgehen sehen werden. Die später gefundenen Zustände zeigten nun nur noch dunkele Kugeln, so dass also sehr wahrscheinlich schliesslich alle Nucleussegmente sich in solche umwandeln.

Weiter brachten mich meine Untersuchungen in der Erkenntniss des Conjugationsprocesses nicht. Immerhin lässt sich daraus doch schon, bezüglich der früheren Angaben von Balbiani und Stein, einiges schliessen. Dass ersterer der *Bursaria truncatella* die Bildung von nur vier Eiern zuschreibt, erklärt sich wohl daraus, dass er ein Thier mit vier dunklen Kugeln angetroffen hat, wie denn auch ich ein solches von nur geringer Grösse traf; meist finden sich aber mehr solcher Kugeln.

Stein (68; pag. 307) hat mehrere Thiere mit ganz geschlossenem Peristom beobachtet, welche vier oder fünf lichte, homogene Kugeln enthielten; ich glaube mit Recht vermuthen zu dürfen, dass dies wirklich aus der Conjugation hervorgegangene Thiere waren, welche noch nicht verdichtete Nucleussegmente enthielten. Früher (67) hatte Stein diese Thiere in den Entwicklungskreis von *Trachelius Ovum* gezogen. Er bringt diese helle Kugeln natürlich in Verbindung mit den von ihm bei *Bursaria truncatella* beobachteten Embryonen; die Kugeln sollen sich zunächst in Embryonen umwandeln, welche sich dann so vermehrten, dass sie schliesslich das gesammte Plasma des Mutterthieres erfüllten.

Ich muss nun zuerst bemerken, dass ich in dem Wasser, das mir die Conjugationszustände geliefert hatte, ganz vergeblich nach Thieren mit Embryonen suchte; ich fand bei keinem Thier das geringste Anzeichen einer Embryonenbildung.

Hinsichtlich dieser Embryonen von *Bursaria truncatella* liegen jedoch sehr widerspruchsvolle Angaben vor. Stein erkannte in demselben kleine ovale, ganz bewimperte und an einem Ende mit einem Saugnäpfchen (?) versehene Thierchen. Dr. Eberhard in Coburg will dagegen *Bursaria truncatella* ganz mit Kugeln vollgepropft angetroffen haben, welche sich nach dem Zerfliessen des Thieres durch Sprossung von Tentakeln sehr bald in echte Acineten verwandelten. Kurze Zeit hernach sprosste ein Wimpernkleid hervor, die Tentakeln verloren sich gemach und das ciliate Infusor war fertig (71). Sowohl Stein wie Eberhard fanden diese Embryonen stets in Bursarien mit völlig geschlossenem Peristom.

An eine Vereinigung dieser beiden, so bestimmt gemachten Angaben, hinsichtlich der Embryonen von *Bursaria truncatella*, lässt sich nicht denken. Es mögen wohl beide Forscher richtig gesehen haben, aber beide haben sicherlich keine Embryonen, sondern Parasiten beobachtet. Für die acinetenartigen Embryonen Eberhard's dürfte dies nicht zweifelhaft sein, wenn man berücksichtigt, dass ich später den absolut sicheren Nachweis führen werde, dass die acinetenartigen Embryonen der Stylonichien und Paramaecien Parasiten sind. Schwieriger stellt sich die Frage bei den Stein'schen Embryonen. Dass sie Embryonen seien, ist, wie ich voraus bemerken will, eine weder durch Erkenntniss ihrer Abstammung, noch ihrer späteren Entwicklung gestützte

Vermuthung, der man mit gleichem Recht diejenige, dass sie Parasiten seien, gegenüber stellen kann. Stein leitet sie von den lichten Kugeln der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere ab; dies ist jedoch unrichtig, denn, wie oben geschildert wurde, verdichten sich diese zu dunklen kleinen Kugeln, deren Uebergang zu Embryonen sehr unwahrscheinlich ist. Wir sahen schon mehrfach solche dunkle Kugeln aus dem Nucleus conjugirter Infusorien hervorgehen und werden namentlich bei den Stylonichien diesen Vorgang noch näher verfolgen; das schliesslich Schicksal derselben ist jedoch ein ganz anderes, sie werden nämlich ausgeworfen. Fernerhin scheint mir die Thatsache, dass die, zahlreiche Embryonen enthaltenden Thiere, einen völlig ausgebildeten Nucleus aufweisen, es gewiss sehr unwahrscheinlich zu machen, dass die Stein'sche Deutung richtig sei; denn da der Nucleus in irgend einer Weise bei der Embryonenbildung betheiligt sein muss, so müsste ohne Zweifel eine bedeutsame Reduction desselben eintreten. Dies müsste auch der Fall sein, wenn etwa die Embryonen sich in ähnlicher Weise, wie die inneren Schwärmsprösslinge der Acineten, in gewöhnlichen, nicht conjugirten Thieren bildeten, eine Möglichkeit, die ja nicht unbedingt von der Hand zu weisen ist. Die Stein'sche Annahme, dass der Nucleus sich während der Embryonenentwicklung ganz neugebildet hätte, macht seine Deutung durch Zufügung einer neuen Hypothese nur weniger wahrscheinlich. Auf alle Fälle aber ist es unzulässig, auf so zweifelhafte Dinge, wie die vermeintlichen Embryonen der *Bursaria truncatella,* irgend welche weitergehende Schlüsse bauen zu wollen.

I. Untersuchungen an *Stylonichia Mytilus* O. F. Müller und *pustulata* Ehrbg.

Taf. XI. Figg. 3—10 und Taf. XII.

Die Conjugationsformen dieser hypotrichen Infusionsthiere sind zuerst von Stein, zwar noch als Längstheilungszustände, so doch sehr genau geschildert worden (67). Die Conjugation der Stylonichien verläuft nach diesen und Engelmann's Untersuchungen (110) nicht immer in derselben Weise, so dass Stein drei Arten derselben unterscheidet (68). Die erstere, für uns allein in Betracht kommmende, besteht in einer Verschmelzung der in gleicher Stellung zusammentretenden beiden Thiere mit ihren ungleichnamigen vorderen Partien der Seitenränder. Bei der zweiten Art geschieht die Verschmelzung fast in der ganzen Längsausdehnung der Thiere und bei der dritten schliesslich findet eine völlige Fusion der beiden in Verbindung getretenen Thiere statt. Bei den zwei zuerst genannten Arten der Vereinigung hat Stein auch den interessanten Vorgang der Trennung genauer beobachtet. Derselbe zeichnet sich dadurch aus, dass sich die Wimpersysteme der Thiere nahezu vollständig neu bilden, womit im Zusammenhang steht, dass die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere sich durch eine viel

kürzere und breitere Gestalt von den ursprünglich in die Conjugation eingetretenen unterscheiden. Engelmann hat diese Angaben späterhin noch durch den Nachweis vervollständigt, dass denselben sowohl der Mund, als der innere Peristomrand fehlt. Ich will hier noch hervorheben, dass sich bei unseren Thieren im Laufe der Conjugation auch eine sehr interessante Veränderung des Endoplasma's ausbildet. Dies füllt sich nämlich allmälig mehr und mehr mit feinen, dunkelen Körnchen dicht an, so dass die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere sich durch ein sehr dunkeles, körniges Aussehen auszeichnen (Taf. XI. Fig. 5).

Da mein Bestreben hauptsächlich auf die Erforschung des Verhaltens des Nucleus und Nucleolus gerichtet war, so habe ich auf die, von Stein und Engelmann dargestellten Neubildungen der Wimpersysteme nicht besonders geachtet, was ich jedoch davon gelegentlich sah, konnte den früheren Beobachtungen nur zur Bestätigung dienen.

Balbiani (66) hat hingegen sehr werthvolle Mittheilungen über das Verhalten des Nucleus und Nucleolus bei *St. Mytilus* gegeben, welche wir weiter unten noch näher zu betrachten haben werden.

Stylonichia Mytilus eignet sich ihrer Grösse und Beschaffenheit wegen viel besser zu unseren Untersuchungen, ich bin deshalb auch bei dieser Art viel weiter in der Erkenntniss der sich abspielenden Vorgänge gelangt, so dass ich dieselbe zunächst näher betrachten will, um dann später das wesentlich gleiche Verhalten der anderen Art zu zeigen.

Die Stylonichien enthalten bekanntlich zwei hintereinanderliegende, ovale bis längliche Nuclei, welche, wie wir oben sahen, durch einen sehr zarten Faden in Verbindung stehen. An der linken Seite jedes Nucleus liegen gewöhnlich ein oder zwei Nucleoli, in Gestalt kleiner, dunkeler, fast homogener Körperchen, welche von einer Hülle nichts Deutliches unterscheiden lassen. Wie früher schon hervorgehoben wurde, ist die Zahl der Nucleoli bei *St. Mytilus* sehr schwankend, gerade bei den von mir gesehenen Conjugationszuständen fand ich mehrfach nur einen Nucleolus, welcher dann mitten zwischend en beiden Kernen lag. *)

Die ersten Veränderungen der Nuclei nach eingegangener Conjugation bestehen in einer Umwandlung ihrer Masse; einmal verlieren sich die queren, spaltförmigen Höhlen, wenn solche anwesend waren und die Structur der Nucleussubstanz wird undeutlich längsfaserig-körnig. Dabei zeigen die Nuclei nun schon eine Längsstreckung, ihre Mitte (Taf. XII. Fig. 9) schnürt sich sodann

*) Alle die von mir zu beschreibenden Conjugationszustände von *St. Mytilus* leiten sich von Formen mit nur einem Nucleolus oder zweien ab; Thiere mit vier Nucleoli, die sonst sehr gewöhnlich sind, traf ich nicht in Conjugation. Dagegen waren es Thiere der letzteren Form, welche Balbiani in Conjugation untersuchte, was ich bei dem Vergleich unserer Beobachtungen zu beachten bitte.

ein und zieht sich schliesslich zu einem deutlich längsfaserigen Strang aus, der sich, mit der Entfernung der beiden Theilhälften von einander, in einen feinen Faden ausspinnt, sich jedoch, wie ich aus mehrfachen Beobachtungen schliessen muss, noch bis gegen Ende der Conjugation erhält (Taf. XII. Fig. 11).

Auf diese Weise gehen also einige Zeit nach eingetretener Conjugation vier Nucleusbruchstücke hervor, welche bis gegen Ende der Conjugation keine weiteren Veränderungen zeigen, sondern nach Behandlung mit Essigsäure (1%) immer ein gleichmässig grobkörniges Aussehen bewahren.

Viel mehr Schwierigkeit macht die Feststellung der Umwandlungen der Nucleoli, da man ihre Entwicklung am lebenden Thier nicht mit Sicherheit verfolgen kann, sondern genöthigt ist, dieselbe aus den einzelnen, zur Beobachtung gelangenden Bildern zu combiniren, wobei dann leicht Zweifel über die wahre Aufeinanderfolge derselben sich einstellen. Einige Hülfe glaube ich hierbei in der, mir auch bei anderen Infusorien aufgestossenen Thatsache gefunden zu haben, dass nämlich die zu gleicher Zeit eingefangenen Conjugationszustände zum grösseren Theil auf einer ähnlichen Stufe der Entwicklung stehen. Hieraus dürfte sich mit Recht der Schluss ziehen lassen, dass gewisse Zustände, die man mit einiger Regelmässigkeit und in grösserer Anzahl sich folgen sieht, auch wirklich auseinander hervorgehen.

Die ersten Entwicklungsvorgänge, welche die Nucleoli nach Eintritt der Conjugation zeigen, bestehen in einer Vergrösserung, wodurch ihre Masse an Dichtigkeit mehr und mehr verliert, indem sie gleichzeitig ihr früher homogenes Aussehen mit einem schwachgranulirten vertauscht. Damit verbunden ist die Differenzirung einer deutlichen Hülle. Mit dem weiteren Fortschreiten dieses Wachsthums geht auch die Differenzirung der Nucleolusmasse weiter; dieselbe löst sich zu einer grossen Anzahl feiner Fasern auf, die von einer Gegend der Hülle nach allen Seiten hin ausstrahlen (Taf. XII. Fig. 1). Solche Zustände trifft man gewöhnlich neben den in der Theilung begriffenen Kernen an. Schwieriger verständlich sind nun in ihren gegenseitigen Beziehungen die grossen, im lebenden Thier als ganz helle Kugeln erscheinenden Kapseln, welche man gewöhnlich neben den schon getheilten Nuclei findet. Sehr häufig zeigen dieselben den Bau der Figg. 1 und 10; von einem körnigen, im Centrum der Kapsel gelegenen Körper strahlen nach allen Seiten feine Fasern nach der Hülle aus, wie die Strahlen einer Sonne. Bei anderen Formen, die sich gewöhnlich durch bedeutendere Grösse auszeichnen, sieht man die Fasern von zwei sich entgegenstehenden Stellen der Hülle entspringen und in einer Zone zusammentreffen, die verworren dunkelkörnig erscheint (Taf. XII. Figg. 3 und 4). Gewöhnlich liegt diese Zone dem einen Faserpol der Kapsel näher, manchmal jedoch auch dichter am Aequator derselben. Es scheint mir nun sehr wahrscheinlich, dass diese Formen in der Ord-

nung, wie ich sie beschrieb, auf einander folgen, obgleich ich nicht im Stande bin, ihren Entwicklungsgang völlig verständlich zu machen.

Es liegen nun gewisse Beobachtungen vor, welche dafür zu sprechen scheinen, dass im Laufe der weiteren Entwicklung diese soeben beschriebenen, grossen und hellen Kapseln eine sehr bedeutende Reduction erfahren, so dass sie wieder zu kleinen längsstreifigen, im lebenden Thier gar nicht sichtbaren Kapseln herabsinken (Taf. XII. Fig. 12). Auf diese in Fig. 12 wiedergegebenen Zustände stiess ich nämlich meist einige Stunden später; die beiden reducirten Nucleoluskapseln liegen gewöhnlich dicht hintereinander und um sie deutlich zu sehen, muss man sich concentrirter Essigsäure bedienen, welche das Plasma sehr aufhellt, die Kapseln hingegen nur wenig angreift. Gleichzeitig mit den eben geschilderten Formen trifft man aber, gewöhnlich in tiefer Nachtzeit (da wie mir schien die Conjugation mit Anfang des Tages gewöhnlich eintritt), Thiere mit grossen hellen, ovalen Kapseln, welche den Bau der sogenannten reifen Samenkapseln Balbiani's prächtig zeigen. Schon in dem lebenden Thier zeigten diese Kapseln sehr deutliche, matte Längsstreifen, welche im Aequator zu einer Zone stärkerer, dunkeler Stäbchen anschwollen (Taf. XII. Fig. 5); nach Behandlung mit Essigsäure hat sich die Inhaltsmasse zu einer Spindel contrahirt, deren Enden mit der Hülle in Zusammenhang stehen und die Structur ist jetzt viel deutlicher geworden (Fig. 6). Andere Stadien zeigen die deutlichsten Theilungsformen dieser Kapseln (Fig. 11); die Zone der dunkelen Stäbchen hat sich getheilt und indem sich die gesammte Kapsel in die Länge streckt, rücken die beiden Hälften der Stäbchenzone mehr und mehr nach den Enden der langgedehnten Kapsel (Figg. 7 und 8). Die Uebereinstimmung dieser Formen mit den früher von mir geschilderten Theilungszuständen von ächten Zellkernen ist so auffallend, dass ich, obgleich ich später noch darauf zurückkommen werde, dennoch an dieser Stelle die Aufmerksamkeit besonders auf diesen Punkt lenken möchte. Diese Analogie, zusammen mit der Aehnlichkeit der entsprechenden Theilungszustände der Nucleoluskapseln der Paramaecien, macht es auch unabweislich, in diesen Formen mit Sicherheit Theilungszustände zu erkennen. Letzteres ergibt sich denn auch daraus, dass sich mit diesen, solche Theilungszustände zeigenden Stadien auch andere vorfanden, welche in jedem der Thiere vier Kapseln enthielten. Diese vier Kapseln waren jedoch schon wieder zusammengeschrumpft und verkleinert, zeigten jedoch durch ihre Längsstreifung auf das deutlichste ihre Herkunft (Fig. 13).

Oben schon habe ich erwähnt, dass sich auch conjugirte Paare fanden, welche je zwei dicht zusammenliegende, geschrumpfte Kapseln ganz von der Beschaffenheit der eben geschilderten, durch die Theilung hervorgegangenen vier Kapseln zeigten (Fig. 12); hinsichtlich der Entstehung

dieser zwei Kapseln wies ich auch schon vorhin auf eine Ansicht hin, welche ich sehr lange hegte, die ich jedoch jetzt für irrig halte. Ich glaubte nämlich annehmen zu müssen, dass die Kapseln von der Form Figg. 3 und 4 wieder zu den geschrumpften Formen der Fig. 12 zurücksänken und hierauf erst in die Theilungszustände Figg. 11 etc. übergingen. Wie gesagt, halte ich jetzt einen so complicirten Entwicklungsgang für irrthümlich und leite nun die Theilungszustände direct aus den Formen Figg. 3 und 4 ab, was sich auch sehr ungezwungen bewerkstelligen lässt. Diese ganze Verwirrung war dadurch hervorgerufen worden, dass, wie früher schon hervorgehoben wurde und z. B. auch die Fig. 11 zeigt, die sich conjugirenden Stylonichien bezüglich der Zahl ihrer Nucleoli keine Uebereinstimmung zeigten, sondern bald einen, bald zwei dieser Körper enthielten. Diese Thatsache erklärt nun viel einfacher die Formen wie Fig. 12, sie leiten sich nämlich von zwei conjugirten Thieren her, die ursprünglich nur je einen Nucleolus enthalten hatten und welche nun, nachdem sie einmal getheilt worden, in den geschrumpften Zustand übergegangen waren. Die Fig. 12 repräsentirte demnach denselben Entwicklungszustand wie Fig. 13 mit dem einzigen Unterschied der Zahl der Nucleoluskapseln, welche durch die Anzahl der ursprünglich vorhandenen Nucleoli bedingt ist. Fraglich bleibt jedoch dann die Weiterentwicklung solcher Formen wie Fig. 12, da ich dieselbe nur von solchen mit vier Kapseln erkannte und ich nicht glaube, dass die Kapseln der Fig. 12 sich noch einmal durch Theilung vermehrten. Es ist nicht schwierig aus dem weiter mitzutheilenden Entwicklungsgang der vierkapseligen Formen einen Wahrscheinlichkeitsschluss hinsichtlich der zweikapseligen zu ziehen, jedoch fehlt noch dessen Bestätigung durch die Beobachtung. Der weitere Entwicklungsgang der vierkapseligen Formen Fig. 13 ist nun folgender. Gegen das Ende der Conjugation zeigen die vier, meist in einer Reihe hintereinander liegenden Kapseln eine sehr merkwürdige Verschiedenheit in ihrer Weiterbildung. Die zweithinterste fängt an zu wachsen (Taf. XII. Fig. 14), wird lichter und ihr ursprünglich nach Behandlung mit 1 % Essigsäure noch feinfaseriger Inhalt geht allmälig verloren und macht einem feingranulirten Platz. Die beiden vor und hinter dieser gelegenen Kapseln verdichten sich zu kleinen, dunkelen Kugeln, die vorderste dagegen erhält sich noch eine Zeit lang unverändert; später wird jedoch auch sie umgebildet (Fig. 15) und nimmt nach Behandlung mit Essigsäure ein dunkelkörniges Wesen an. Jetzt beginnen jedoch auch die früherhin noch unveränderten vier Nucleusbruchstücke sich zu verdichten und werden zu nahezu homogenen, dunkelen, glänzenden Kugeln (Fig. 15). Wenn die Thiere dicht vor der Trennung stehen, markiren sich schon die beiden ausgewachsenen Nucleoluskapseln als helle, lichte Körper in den lebenden Thieren sehr deutlich. Die beiden ihnen jetzt sehr nahe gerückten, benachbarten und reducirten Kapseln haben schon

wieder ganz das Aussehen der früheren Nucleoli erlangt; die vorderste Kapsel schliesslich verdichtet sich noch mehr und wird zu einer kleinen glänzenden Kugel, ähnlich den Nucleuskugeln.

Nun erfolgt die Trennung. In den getrennten Thieren setzt nun zunächst der lichte Körper sein Wachsthum anhaltend fort und wird zu dem grossen, hellen, die ganze Mitte des Thieres ausfüllenden Körper, welchen schon Stein, Balbiani und Engelmann beschrieben haben.

Einige Stunden nach aufgehobener Conjugation erfolgt nun aber die Ausstossung der dunkelen Nucleuskugeln, der vermeintlichen Eier Balbiani's. Auf die sichere Constatirung dieses Punktes habe ich natürlich die grösste Mühe verwandt und es kann auch kein Zweifel mehr in dieser Hinsicht obwalten. Legt man ein Thier, welches die Kugeln noch enthält, durch Druck des Deckgläschens fest oder isolirt man es in einem kleinen Tröpfchen Wasser, das man vorher genau unter dem Mikroskop durchsucht hat, um sich von der Abwesenheit irgend welcher, vielleicht Täuschung erzeugender Dinge zu versichern, so wird man etwa sechs bis acht Stunden nach aufgehobener Conjugation sämmtliche oder zunächst einen Theil der Kugeln ausserhalb des Thieres mit Sicherheit auffinden. Zuweilen ereignet sich der Fall, dass sich die Kugeln innerhalb des Thieres einige Zeit nach Lösung der Syzigie entweder paarweise (Fig. 16) oder sämmtlich, wie in Fig. 17, vereinigen. In diesem Fall lässt sich mit noch grösserer Sicherheit die Identität der ausgestossenen Kugeln mit den früher in dem Thiere befindlichen demonstriren.

Es fragt sich nun auch, was aus der, wie früher erwähnt, gleichfalls sehr verdichteten vordersten Nucleoluskapsel (Fig. 16) wird; ich muss es für sehr wahrscheinlich halten, dass dieselbe gleichfalls mit den Nucleuskugeln entfernt wird. Die in Fig. 17 wiedergegebenen, zusammengebackenen und ausgestossenen Kugeln eines Thieres sind in der That fünf an Zahl.

Nach einiger Zeit also lassen die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere in ihrem Innern nur noch den hellen, lichten Körper und die, diesem anliegenden beiden neugebildeten Nucleoli erkennen.

Am zweiten Tage nach der Lösung der Syzigie hat der lichte Körper sein Wachsthum vollendet, er ist jetzt schon etwas länglich oval und zeigt nach Einwirkung verdünnter Essigsäure oder noch besser nur von Wasser nicht mehr einen gleichmässig feingranulirten Bau, sondern einen verworren-faserigen (Taf. XI. Fig. 6); die einzelnen Fasern sind jedoch von mässig dunkeler, wenig verdichteter Beschaffenheit.

Im Laufe des folgenden Tages zeigte sich keine wesentliche Veränderung; am vierten Tage nach aufgehobener Conjugation jedoch hatte sich der lichte Körper bedeutend verdichtet und verschmälert, so dass er jetzt ein bandförmig langgestrecktes Aussehen zeigte und nach

Behandlung mit Essigsäure (1%) war die Beschaffenheit seiner Substanz gleichmässig grobkörnig wie die der wahren Nuclei der Stylonichien. An diesem Tage besassen auch die Thiere zuerst wieder einen neugebildeten Mund. Den fünften Tag hatte der neugebildete Kern (Fig. 18) noch die beschriebene Gestalt, jedoch hatte sich in einem Ende schon eine verdichtete Querscheibe gebildet, in welcher sich später die spaltförmige Höhle anlegt. Einer der Nucleoli zeigte sich mehrfach eigenthümlich vergrössert und nach Behandlung mit Essigsäure grobkörnig, ich vermuthe, dass er sich zur Theilung anschickte (Fig. 18).

Hier schlossen meine Untersuchungen an *St. Mytilus*, weil mein Material vollständig aufgebraucht war; nach den Untersuchungen an *St. pustulata* können wir jedoch das noch Fehlende mit Leichtigkeit ergänzen, es erfolgt nämlich nur noch eine Theilung des neugebildeten Kernes und dann sind wieder normale Thiere von *St. Mytilus* vorhanden. Auch Balbiani und Stein haben schon den Uebergang des grossen lichten Körpers in die beiden Nuclei der aus der Conjugation hervorgehenden Stylonichien verfolgt, so dass hierüber ein Zweifel nicht mehr möglich ist.

Nachdem ich im Vorstehenden meine Erfahrungen über die Umwandlungen der Nucleoli und Nuclei von *St. Mytilus* ausführlich dargelegt habe, will ich zu einer kurzen Betrachtung der von Balbiani (66) und Stein (68) an diesem Thier angestellten Untersuchungen, sowie der hieraus gezogenen Schlüsse übergehen.

Balbiani's Beobachtungen sind ganz correct, jedoch keineswegs vollständig, indem er nämlich (wie überhaupt mit einziger Ausnahme des *P. Bursaria*) den vollständigen Schwund der Nucleoluskapseln annehmen zu dürfen glaubt. Die Entstehung des neuen Nucleus aus einer dieser Kapseln blieb ihm daher natürlich verborgen, ebenso wie die wichtige Thatsache, dass die Nucleoli der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere gleichfalls directe Descendenten der früheren sind. Die verdichteten Nucleuskugeln hält er für Eier, jedoch ist es ihm nicht gelungen an ihnen eine Membran nachzuweisen und auch hinsichtlich der Hauptfrage, nach der Anwesenheit eines Kernes oder Keimbläschens, hat er keineswegs irgend welche Sicherheit erlangt. Er bemerkt hierüber (66; pag. 479): »La vésicule germinative est ordinairement complètement masquée par les granulations vitellines, et ne peut plus être réconnue«. Jedoch soll man zuweilen etwas von ihr bemerken, wenn man die Eier zuerst mit schwacher Kalilösung behandelt und hierauf mit Jod färbt. Wenn man Karminfärbung anwende, so soll das Keimbläschen in dem starkgefärbten Dotter als ein heller centraler Fleck erscheinen; hieraus geht doch mit Sicherheit hervor, dass es sich hier keineswegs um einen Kern gehandelt hat, sondern um eine Vacuole. Ich sah nie etwas von einem hellen Bläschen in den Nucleuskugeln.

Aber auch das schon oben hervorgehobene, häufige Zusammenbacken der Nucleuskugeln, ihr manchmal ganz corrodirtes Aussehen und schliesslich ihr völliges Zugrundegehen nach ihrer Ablage im umgebenden Wasser, ohne dass sich eine Brut entwickelte, lassen mit Sicherheit schliessen, dass es sich hier nicht um eine Ablage von Eiern, sondern um die Ausstossung überflüssiger und abgestorbener Theile handelt. Ich beobachtete einen Fall, wo ich drei der ausgestossenen Kugeln mit Sicherheit in dem umgebenden Wasser nachweisen konnte; nach zwei Tagen war schon jede Spur dieser Kugeln verschwunden. Bei keinem der von mir mit Sorgfalt gezüchteten Infusionsthiere fand ich in dem Wasser, in welches die vermeintlichen Eier doch in Menge abgelegt worden waren, auch nur einmal etwas, was sich als junge Brut hätte deuten lassen, so dass man mir zugeben wird, dass alles gegen und nichts für die Einatur der ausgestossenen Nucleuskugeln spricht.

Gänzlich verfehlt ist jedoch die von Stein gegebene Auffassung der Vorgänge bei *St. Mytilus*. Er glaubt die dunkelen Kugeln unmöglich aus den Nucleussegmenten herleiten zu dürfen und nimmt daher an, dass diese nach der Lösung der Syzigie zu dem lichten Körper, welchen er Placenta nennt, sich vereinigten. Dieser soll nun die dunkelen Kugeln in verschiedener Zahl ausscheiden. Diese letzteren, Stein's Keimkugeln, sollen sich bei *St. Mytilus* zu den Embryonalkugeln entwickeln, bei *St. Histrio* und *pustulata* hingegen wahrscheinlich abgelegt werden. Schliesslich soll die Placenta sich wieder zu den Nuclei umbilden. Ich muss gestehen, dass ich es für werthvoller gehalten hätte, die Unkenntniss der wirklichen Vorgänge offen einzugestehen, als eine derartige, völlig errathene Deutung eines, für die gesammte Auffassung der Infusorien so wichtigen Processes zu entwerfen — eine Deutung, welche, gestützt auf die Autorität eines Namens wie Stein, nur dazu dienen konnte, den Fortschritt in der Erkenntniss dieser Vorgänge hinzuhalten, indem sie an ein Verständniss derselben glauben machte, das in der That gar nicht vorhanden war.

In Betreff der vermeintlichen Embryonen von *St. Mytilus* verweise ich auf den späteren, dieser Frage speciell gewidmeten Abschnitt.

Meine Beobachtungen an *St. pustulata* habe ich vor denen an *St. Mytilus* angestellt. Als Untersuchungsobject ist diese Art wegen ihrer Kleinheit und dem Umstand, dass sich die Nucleoluskapseln nur sehr schwierig verfolgen lassen, viel ungünstiger. Da mir die genaue Verfolgung dieser Kapseln hier weder durch Zerquetschen des Thieres, noch auch durch Anwendung von Essigsäure gelang, so blieben meine Untersuchungen an dieser Art natürlich unvollständig. Alles Beobachtete bietet jedoch eine so völlige Analogie mit *St. Mytilus*, dass das dort Gefundene zur Erklärung sicherlich herangezogen werden darf.

Es war mir von Interesse, bei dieser Art eine Anzahl Conjugationszustände aufzufinden, bei welchen die beiden Nuclei jedes Thieres zu einem strangförmigen, gemeinsamen Körper verschmolzen waren, so dass ich die Vermuthung nicht ganz von der Hand weisen kann, dass diese Vereinigung der beiden Nuclei hier vielleicht regelmässig nach der Conjugation eintrete. Jedenfalls erfolgt jedoch sehr bald wieder ein Zerfall zu zweien, zwischen welchen ich zuweilen noch eine recht deutliche, fadenförmige Commissur fand. Auf der linken Seite dieser Nuclei trifft man nun gewöhnlich zwei helle, ovale, aus den Nucleoli, die ja bei dieser Art sich gewöhnlich nur in der Einzahl neben jedem Nucleus finden, hervorgegangene Kapseln, über deren feinere Bauverhältnisse nach Behandlung mit Essigsäure (1%) die Taf. X. Figg. 20—24 einigen Aufschluss gewährt.

Eine Theilung dieser Kapseln zu vieren liess sich nicht constatiren; ich beobachtete mehrfach lebende Thiere mit zwei solcher Kapseln fortdauernd und fand, dass dieselben sich nach Verlauf einer gewissen Zeit dem Auge völlig entziehen.

Eine weitere Theilung der Nuclei unterbleibt bei unserer Art; gegen Ende der Conjugation verdichten sich die beiden Nuclei auch hier zu dunkelen, glänzenden, runden Kugeln (Taf. XI. Fig. 4). Noch bevor jedoch diese Verdichtung sich geltend macht, erscheint auch hier auf der Seite, wo früher die Nucleoluskapseln sich fanden, ein zuerst ganz kleiner, lichter Körper mit feinkörnig-streifigem Inhalt (nach Behandlung mit Essigsäure. Taf. XI. Fig. 3). Schon bei der Untersuchung dieser Art trat der Gedanke an mich heran, dass dieser lichte Körper vielleicht von einer der Nucleoluskapseln abzuleiten sei, da diese früher ungefähr die Stelle des lichten Körpers einnahmen; ich gab diese Idee jedoch wieder auf, da sich ein sicherer Uebergang nicht constatiren liess. Jetzt hingegen bleibt es mir nicht mehr fraglich, dass ich wirklich richtig vermuthet hatte und dass eine erneute Untersuchung auch hier die sehr verkleinerte Kapsel, aus welcher der lichte Körper hervorwächst, wird finden lassen.

Nach der Lösung der Syzigie enthält also jedes der Thiere einen lichten Körper und nur zwei dunkele Kugeln, welche auch hier manchmal nach einiger Zeit zusammenbacken. Schliesslich werden sie auch hier entfernt, jedoch sind sie meist noch am dritten Tag nach aufgehobener Conjugation vorhanden. Häufig sah ich sie dann allmälig wieder etwas lichter werden, ähnlich wie wir dies schon bei *Colpidium Colpoda* fanden und nach Behandlung mit Essigsäure traten dann einige dunkele Körnchen in ihnen auf (Taf. XI. Figg. 9 und 10). Schliesslich gehen sie jedoch auch hier gänzlich verloren, d. h. sie werden ausgestossen, woran nach den Beobachtungen an *Colpidium Colpoda* und *St. Mytilus* nicht mehr zu zweifeln ist.

Hat der lichte Körper seine bedeutendste Grösse erreicht, etwa zwei bis drei Tage nach

aufgehobener Conjugation, so besitzt derselbe auch hier die eigenthümliche, faserige Structur (Taf. XI. Fig. 6), welche sich schon am lebenden Thier deutlich beobachten lässt. Alsdann verkleinert und verdichtet er sich auch hier allmälig und nun sah ich zum ersten Mal zwei Nucleoli neben ihm (Taf. XI. Fig. 7), welche jedoch jedenfalls schon früher vorhanden waren und des gleichen Ursprunges sind wie bei *St. Mytilus*. Der etwas reducirte Körper (Fig. 7) wächst dann zu einem kurzen Strang aus und es treten die queren, verdichteten Stellen in seinen Enden auf (Taf. XI. Fig. 8), welche sich später zu den spaltförmigen Höhlen ausbilden. Nun theilt er sich, worauf die Thiere wieder ihre normale Beschaffenheit erhalten haben. Während diese Vorgänge sich abspielen, hat auch das Plasma der Thiere allmälig, durch Verschwinden der es früherhin verdunkelnden Körnchen, seine lichte Beschaffenheit wieder erlangt und die früher sehr breite und plumpe Gestalt der aus der Syzigie hervorgegangenen Thiere macht wieder einer langgestreckten, schlanken Platz. Bald nachdem die Thiere ihre normale Beschaffenheit wieder erlangt haben, beginnen sie sich durch Theilung rasch und anhaltend zu vermehren.

Balbiani gibt an, dass sich bei *St. pustulata* gleichfalls vier Eier entwickeln sollen; ich muss dies jedoch nach der obigen Schilderung verneinen. Uebrigens kann auch nur die directe Verfolgung der allmäligen Umbildung der ursprünglichen Nuclei, über die Zahl der dunkelen Kugeln sicheren Aufschluss geben, da sich bei den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren leicht grössere der im Plasma vorhandenen, dunkelen Körner mit solchen Kugeln verwechseln lassen.

Bei *St. pustulata* hat schon Engelmann (110) die Umbildung eines aus der Conjugation hervorgegangenen Thieres zu einem normalen, sich bald durch Theilung vermehrenden, verfolgt.

K. Untersuchungen an *Euplotes Charon* Ehrbg.

Taf. X. Figg. 1—19.

An dieser häufig zu erhaltenden Art hat namentlich Engelmann (110) eine Reihe von Beobachtungen über die Conjugation angestellt, durch die schon einige wichtige Punkte ihre Aufklärung fanden.

Der Nucleus von *Euplotes Charon* bildet bekanntlich einen hufeisenförmig gekrümmten Strang, welcher meist in symmetrischer Lagerung die vordere Hälfte des Thieres durchzieht. Bei den conjugirten Thieren hingegen ist er immer mehr nach dem linken Seitenrand geschoben und längs dieses gelagert. Ein Nucleolus findet sich dem Kern an seiner, der linken Vorder-

ecke des Thieres zugewendeten Umbiegungsstelle dicht angelagert; er stellt ein kleines, dunkeles Körperchen dar, an welchem ich eine Hüllmembran nicht mehr deutlich unterscheiden konnte.

Die Conjugation der Euploten erfolgt, wie bekannt, immer in der Weise, dass sie sich mit den Bauchflächen ihrer linken Vorderecken auf eine kleine Strecke hin übereinander schieben und verschmelzen. In Bezug auf die so wichtigen Umbildungen der Nucleoli stösst man auch hier leider auf das Hinderniss, dass sich ein sicherer Anhaltspunkt für die zeitliche Aufeinanderfolge der mannigfachen, beobachteten Bilder kaum finden lässt. Ich bin daher in dieser Hinsicht auch hier nicht zu der so wünschenswerthen, völligen Klarheit durchgedrungen.

Zuvor will ich bemerken, dass der, nach Zusatz von Essigsäure (1%) grobgranulirte und dunkelglänzend erscheinende Nucleus sich bis gegen das Ende der Conjugation unverändert erhält; dann beginnt er jedoch, wie dies schon Engelmann und Balbiani (für *Euplotes Patella*; 66) sehr richtig dargestellt haben, sich etwas hinter seiner Mitte zu verdünnen (Fig. 12), diese verdünnte Strecke zieht sich zwischen den beiden etwas ungleichen Theilen des so zerfallenden Nucleus immer mehr, endlich zu einem zarten Faden aus (Fig. 13), der schliesslich zerreisst, worauf die beiden Theilstücke des Nucleus sich mehr abrunden (Fig. 14). Kurz vor der Lösung der Syzigie enthält also jedes der Thiere ein vorderes, fast immer grösseres Nucleussegment und ein hinteres, kleineres.

Ich beginne die Schilderung der Umwandlungen des Nucleolus an einem Punkt, von welchem es nicht ganz sicher ist, ob er als ein ursprünglicher betrachtet werden darf. Man findet nämlich nicht selten Zustände, die meist auf der linken Seite des Nucleusbandes zwei nahezu unveränderte Nucleoli zeigen (Fig. 5). Man erkennt jedoch an denselben nach geeigneter Behandlung die Differenzirung einer deutlichen Hülle. Bald liegen diese Nucleoli weit von einander entfernt, bald dichter beisammen. Statt dieser findet man nun auch stärker angewachsene, im lebenden Zustand ganz helle Kapseln, die nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) einen granulirten, dunkelen Kern zeigen (Fig. 6). Fernere Stadien lassen diese Kapseln in noch mehr herangewachsenem Zustand und von ovaler Gestalt wiederfinden; von ihrem central gelegenen, körnigen Kern geht ein Bündel zarter Fasern nach dem einen Ende der Kapsel und heftet sich hier an die Hülle an (Figg. 7 und 8). Auch gewisse Variationen dieses Verhaltens zeigen sich, wie ein solches in der Fig. 9 wiedergegeben ist. Schliesslich reihen sich hieran auch die in Fig. 10 abgebildeten Zustände; die in ihrer Gestalt noch unveränderte Kapsel zeigt nach Behandlung mit Essigsäure eine Anzahl isolirter, dunkeler Körner. Das Ende dieser Formenreihe bilden dann die in Figg. 11 und 12 abgebildeten, lang spindelförmigen Kapseln, welche nach Balbiani und Stein die Bezeichnung reifer Samenkapseln verdienen

würden. Dieselben zeigen sich sehr deutlich längsfaserig, ohne dass sich jedoch besonders verdickte Faserstellen auffinden liessen. Die letzterwähnte Umbildung der Kapseln findet sich immer erst gegen Ende der Conjugation, wenn der Kern schon eine deutliche Einschnürung zeigt (Fig. 12). Ich glaube nun diese Formen mit Sicherheit als Theilungszustände auffassen zu dürfen, obgleich ich die ferneren Stadien des wahrscheinlich sehr rasch sich abspielenden Theilungsprocesses nicht auffand. Ist die Theilung des Nucleus noch weiter vorgeschritten, so trifft man links neben ihm an Stelle der Kapseln stets eine Anzahl kleiner, den früheren Nucleoli ähnlicher Körperchen, die von einem dunkelen, centralen, manchmal noch recht deutlich streifigen Kernchen und einer Hülle gebildet werden. Schwierigkeit macht die genaue Feststellung ihrer Zahl, jedoch zählte ich mehrfach mit Sicherheit vier in jedem Thier, manchmal jedoch auch in dem einen Thier vier, in dem anderen hingegen nur zwei. Diese Körperchen muss ich nun in derselben Weise wie bei *Stylonichia* für die durch Theilung vermehrten und hierauf sehr geschrumpften Nucleoluskapseln halten, deren weiteres Schicksal ich späterhin betrachten werde.

Nun trifft man aber auch auf Conjugationszustände, die nur einen in der Entwicklung begriffenen Nucleolus enthalten, von den Formen, die ich auf Figg. 1 und 2 abgebildet habe. Es fragt sich nun, gehen die Formen mit zwei in der Entwicklung begriffenen Nucleoluskapseln aus denen mit nur einer hervor, indem sich diese durch eine erstmalige Theilung vermehrt und die Kapseln hierauf wieder in den rudimentären Zustand der Fig. 5 zurücksinken? Vor dieser complicirten Betrachtungsweise, die uns ähnlich schon bei *St. Mytilus* begegnete, scheint mir jedoch eine andere den Vorzug zu verdienen. Ich habe zwar bei den einfachen Thieren von *Euplotes Charon* nur einen Nucleolus angetroffen, jedoch auch keine sehr ausgedehnten Untersuchungen hinsichtlich dieses Punktes angestellt, da mich die Uebereinstimmung mit den Befunden der früheren Beobachter beruhigte. Wir wissen jedoch, dass bei verwandten Infusionsthieren die Zahl der Nucleoli sehr schwankend ist, so dass ich die Wahrscheinlichkeit, dass sich zuweilen und namentlich bei den von mir conjugirt getroffenen Thieren zwei Nucleoli fanden, für recht gross erachte. Durch diese Annahme würde sich dann der Process der Nucleolusentwicklung sehr einfach erklären. Es würde dann das Stadium mit den zwei interessant gebauten Kapseln Fig. 3, welche ich ursprünglich als aus der Theilung des einfachen Nucleolus hervorgegangen aufzufassen müssen glaubte, seine ungezwungene Einreihung zwischen Figg. 10 und 11 finden, wohin es wegen der Analogie mit den Kapseln anderer Infusionsthiere auch viel besser passt. Einige besondere Zustände, welche ich sah, fänden dann auch eine befriedigende Erklärung; so traf ich einmal eine Syzigie, bei welcher das eine Thier zwei, das andere

MARINE BIOLOGICAL WOODS HOLE LIBRARY

hingegen nur eine in Theilung begriffene Kapsel der Form Fig. 11 enthielt, ferner sah ich, wie oben schon erwähnt, einige Male neben dem schon zerfallenen Nucleus in beiden Thieren einer Syzigie nur zwei kleine, längsstreifige Kapseln und ebendadurch würde auch der in Fig. 13 abgebildete Zustand sich erklären, wo das eine Thier vier, das andere nur zwei kleine, reducirte Kapseln enthält. Als Resultat dieser Erörterung würde sich demnach ergeben, dass bald Thiere mit nur einem Nucleolus, bald solche mit zweien sich conjugiren, dass sich die Nucleoli einmal durch Theilung vermehren und also die Thiere gegen Ende der Conjugation entweder zwei oder vier kleine, reducirte Nucleoluskapseln enthalten.

Kurz vor Lösung der Syzigie trifft man nun unter diesen reducirten Kapseln eine sehr lichte, sich durch ihre bedeutendere Grösse auszeichnende, die, wie die weitere Erfahrung lehrt, in energischem Wachsthum begriffen ist. Nach Essigsäurezusatz erkennt man an ihr eine deutliche Hülle und einen feingranulirten, noch etwas längsfaserigen Inhalt. Die Schwierigkeit, sich bei so kleinen Objecten eine genaue Rechenschaft ihrer Zahl zu geben und die kleinen Kapseln nicht mit anderen Inhaltskörpern des Plasma's zu verwechseln, liess mich hier nicht mit derselben Sicherheit wie bei *St. Mytilus* entscheiden, dass dieser hervorwachsende, lichte Körper ein directer Descendent einer der vier oder zwei reducirten Nucleoluskapseln sei, obgleich ich gerade bei der Untersuchung dieser Art zuerst zu dieser wichtigen Vermuthung kam, sie jedoch wieder fallen liess, da es nicht gelang sie mit völliger Sicherheit zu begründen. Jetzt scheint mir diese Frage durch die Beobachtungen an *St. Mytilus* auch für *Euplotes* entschieden zu sein. Einmal machte ich jedoch auch bei unserem Thier eine Beobachtung, welche mir in dieser Beziehung entscheidend zu sein scheint; ein erst vor kurzer Zeit aus der Conjugation hervorgegangenes Thier zeigte nämlich nicht einen derartigen lichten Körper, sondern vier dicht zusammenliegende; es hatten sich demnach hier in abnormer Weise sämmtliche vier Nucleoluskapseln weiter entwickelt (Fig. 16). Diese Beobachtung scheint mir auch die von Stein gemachte Angabe zu erklären, dass er zuweilen Thiere mit zwei kleineren, lichten Körpern beobachtet habe. Bei *St. pustulata* habe auch ich einmal die Entwicklung zweier lichter Körper statt des gewöhnlich nur vorhandenen einen beobachtet.

Die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zeigten mit Ausnahme des einzigen erwähnten Falles nur einen, schon bedeutend vergrösserten, lichten Körper und diesem dicht anliegend, ein kleines, dunkeles Körperchen mit Hülle (zuweilen auch zwei Fig. 15), welches ich seiner Constanz wegen für eine noch mehr rückgebildete und wieder zu einem gewöhnlichen Nucleolus werdende Kapsel, ähnlich wie bei *St. Mytilus*, erklären muss. Enthielten die Thiere bei der Lösung der Syzigie nur zwei Nucleoluskapseln, so ist deren ferneres Schicksal hiermit

also völlig entschieden, waren deren jedoch vier vorhanden, so fragt sich, was aus den zwei anderen wird; eine davon wird wie bei *St. Mytilus* jedenfalls entfernt, vielleicht wird jedoch in diesem Falle die andere zu einem zweiten Nucleolus, wie es bei *St. Mytilus* die Regel ist.

Kurze Zeit nach aufgehobener Conjugation bemerkt man, dass das vordere, grössere Nucleussegment einen nochmaligen Zerfall in zwei Bruchstücke erleidet (Figg. 16 und 17); gleichzeitig sieht man in seiner Masse verdichtete, dunkele Partien auftreten. Während nun der lichte Körper immer ansehnlicher heranwächst, so dass er bald die gesammte Mitte des Thieres ausfüllt, verdichten sich die beiden vorderen Nucleusbruchstücke zu zwei dunkelen, glänzenden Kugeln, die man ursprünglich noch an ihrem anfänglichen Platz, später gewöhnlich rechts von dem lichten Körper antrifft. Möglicherweise zerfällt das vordere Nucleussegment zuweilen auch in noch mehr Bruchstücke, da die Zahl der dunkelen Kugeln nicht ganz regelmässig ist, denn manchmal fanden sich noch ein bis zwei kleinere neben den beiden grösseren vor.

Die Bildung dieser Kugeln erfolgt etwa vier bis fünf Stunden nach aufgehobener Conjugation und meist schon am zweiten Tag nach der Lösung der Syzigie sind sie spurlos verschwunden. Dass sie auch hier ausgestossen werden, dürfte keinem Zweifel unterliegen. Am zweiten Tag hat der lichte Körper, der nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) eine feingranulirte Beschaffenheit annimmt, sein Wachsthum vollendet; das hintere Nucleussegment, welches sich ganz unverändert erhält, ist ihm meist dicht angelagert (Fig. 18). Am vierten Tage jedoch findet sich an Stelle des lichten Körpers ein bandförmiges Nucleusstück, das dem früheren vorderen Nucleussegment sehr ähnlich sieht; der lichte Körper hat sich also ganz entsprechend den Vorgängen bei den Stylonichien zu einem echten Nucleus verdichtet. Diese Umwandlung scheint sehr rasch vor sich zu gehen; so zeigte ein isolirtes Thier z. B. noch um acht Uhr Abends den lichten Körper sehr deutlich und gross, um zwölf Uhr Nachts dagegen war derselbe schon zu einem echten Nucleus umgewandelt. Am fünften Tage fand ich wieder einen einfachen, zweifellos aus der Vereinigung der beiden Nucleusstücke hervorgegangenen Nucleus mit deutlichem Nucleolus. Nach Wiederherstellung des normalen Zustandes liess sich eine sehr lebhafte Vermehrung der Thiere durch Theilung constatiren.

Die früheren Beobachtungen über die Veränderungen des Nucleus und Nucleolus der Euploten während der Conjugation sind sehr lückenhaft. Balbiani lässt bei *Euplotes Patella* zwei Eier von dem Nucleus sich abschnüren und diesen letzteren wieder zu einem normalen Nucleus heranwachsen; dass jedoch bei dieser Art die Entwicklung ganz in gleicher Weise verläuft wie bei *Euplotes Charon* geht aus den Untersuchungen Stein's hervor, der die Thiere mit grossem, lichtem Körper bei *Euplotes Patella* sehr häufig gesehen hat. Engelmann,

der *Euplotes Charon* untersuchte, ist ganz zweifelhaft über die Abstammung des lichten Körpers, glaubt ihn jedoch in irgend einer Weise von dem Nucleus herleiten zu müssen; er kann ferner auch das Schicksal desselben nicht angeben, er soll nach ihm schliesslich in zwei bis drei kugliche Segmente zerfallen, wovon ich nie etwas beobachtet habe. Stein schliesslich (68) ist in gänzlicher Verwirrung hinsichtlich der Beziehungen der einzelnen Theile zu einander. Der lichte Körper soll sich aus dem ganzen Nucleus nach Einwirkung der Befruchtung entwickeln, dann sollen sich aus ihm als Placenta zwei bis vier kleine runde Körper hervorbilden, welchen er, wenigstens bei *Euplotes Patella*, die Bedeutung von Keimkugeln beilegt. Das hintere sich erhaltende Segment des Nucleus hält er für einen in der Neubildung begriffenen Kern und was schliesslich aus dem lichten Körper wird, findet sich bei ihm nicht angedeutet. Man erkennt hieraus nur das Bestreben, die höchst mangelhaften Beobachtungen an *Euplotes* in das für *Stylonichia* aufgestellte, ganz irrthümliche Schema einzuzwängen.

L. Untersuchungen an *Vorticella Campanula* Ehrbg.

Taf. XIV. Figg. 1—3.

Gerade die Ordnung der peritrichen Infusorien war es, welche Stein mit Vorliebe zu seinen Untersuchungen über die Fortpflanzungsverhältnisse sich auserlas; sie haben zuerst der, jetzt schon lange zur Ruhe gekommenen Acinetentheorie den Ursprung gegeben und wurden dann in zweiter Linie auch zu einer mächtigen Stütze für die Lehre von der Embryonenentwicklung, welche im Gefolge der Conjugation auftreten sollte. Ich habe absichtlich die Vorticellen vorerst nicht zu eingehenden Untersuchungen über die Conjugationserscheinungen gewählt, weil ich die Ueberzeugung hatte, dass sich diese Processe nur durch fortlaufende Untersuchungen an isolirten Syzigien mit einiger Sicherheit aufklären lassen würden und die grossen Widersprüche zwischen den Resultaten der seitherigen Forscher sich hauptsächlich dadurch erklärten, dass dieselben zum Theil diese Regel vernachlässigt und die verschiedensten Entwicklungsstadien, ja, auch solche, die gar nicht in den Entwicklungskreis gehörten, in ziemlich willkürlicher Weise untereinander verknüpft hatten. Zu solchen Isolations- und Züchtungsversuchen, wie sie diese Untersuchungen erforderten, hielt ich aber die festsitzenden Vorticellen sehr ungeeignet und suchte deshalb zuerst bei den leichter zu bearbeitenden und zum Theil auch zu beschaffenden, freischwimmenden Infusorien die Conjugationserscheinungen aufzuklären. Hatte man erst ein wirkliches Verständniss der bei diesen sich findenden Erscheinungen erreicht, so liess sich eine Aufklärung der bei den Vorticellen vorhandenen Verhältnisse wohl auch nach

Beobachtung vereinzelterer Stadien hoffen, da ja eine principielle Uebereinstimmung der hier in Frage stehenden Vorgänge sich mit Sicherheit voraussetzen lässt.

Da ich nun zu einer eingehenden Beobachtungsreihe bei den Vorticellen noch nicht gelangt bin, so bin ich recht erfreut, dass sich mir gerade Gelegenheit geboten hat, ein hierhergehöriges Thier, welches auch Stein zu einer Reihe von Untersuchungen, deren Ergebnisse er selbst als glänzende bezeichnet, gedient hatte, in gewisser Hinsicht zu erforschen.*)

Die Conjugationserscheinungen der Vorticellinen gehen bekanntlich in zweierlei Weise vor sich. Einmal indem sich Individuen von gleicher oder nahezu gleicher Grösse mit einander vereinigen und nach Lösung von ihren Stielen wahrscheinlich einen völligen Verschmelzungsprocess erfahren;**) diese Form der Conjugation wurde schon von Claparède und Lachmann entdeckt. Die zweite Art der Conjugation wurde zuerst von Stein sichergestellt; es ist dies die sogenannte knospenförmige Conjugation, bei welcher sich nämlich ein durch wiederholte Theilungen hervorgegangenes, viel kleineres, freischwimmendes Thier mit einem festsitzenden grossen vereinigt und schliesslich mit diesem völlig verschmilzt. Greeff (73) hat diese Form der Conjugation in neuerer Zeit bestätigt, ohne jedoch die Kenntniss der inneren Vorgänge, welche die Folge dieses Conjugationsactes sind, irgendwie gefördert zu haben.

Unsere *Vorticella Campanula* traf ich im October 1874 unter ganz ähnlichen Verhältnissen wie Stein (68; pag. 112) in einer grösseren Wasserlache im Walde an; leider war der Fundort über eine Stunde von meiner Wohnung entfernt, so dass ich eine regelmässige Beschaffung von Material kaum bewerkstelligen konnte. Das Thier fand sich in diesem Wasser in ganz ungeheuerer Menge im freischwimmenden Zustande und zum Theil von sehr bedeutender Grösse. Bei der näheren Untersuchung stellte es sich nun heraus, dass sich darunter einzelne Individuen vorfanden, die sicherlich aus der Conjugation hervorgegangen waren. Bevor ich jedoch über die wenigen Beobachtungen berichte, welche ich an denselben anstellen konnte, muss ich einige Worte über die Conjugation dieser Vorticelle selbst hinzufügen. Stein schreibt (68; pag. 113): »Die auffallendste Erscheinung, welche mir an meinen Vorticellen entgegentrat, war, dass sie häufig in lateralen Syzigien vorkamen und diese sahen fast genau so aus wie die gewöhnlichen Längstheilungszustände der Vorticellen.« Nachdem er nun diese in lateraler Conjugation befindlichen Thiere näher geschildert hat, kommt er endlich zu dem

*) Eine kurze Schilderung meiner neuerdings bei den Vorticellinen erlangten Resultate habe ich in einem Anhang zu dieser Arbeit gegeben, welchen ich zu vergleichen bitte und wo sich auch die nähere Aufklärung über die einzelnen von mir bei *Vorticella Campanula* beobachteten Stadien findet.

**) Vergl. auch hierüber den Anhang zu dieser Abhandlung.

Schluss: »Die eben geschilderten Syzigien konnten offenbar eben so gut in der Reihenfolge, wie ich sie beschrieben habe, als Längstheilungsformen, wie in der umgekehrten Aufeinanderfolge als Conjugationszustände gedeutet werden.« Zur Entscheidung dieser Frage führt er nun auf, dass er nicht selten Syzigien von sehr ungleich grossen Individuen gesehen habe, welche sich absolut nicht durch Theilung erklären liessen. Ferner hat er auch häufig Syzigien beobachtet, wo die beiden ungleich grossen Thiere sich mit ihren Hinterenden so vereinigt hatten, dass ihre Axen zusammenfielen.

Ich fand nun trotz grosser Aufmerksamkeit auch nicht einen einzigen Conjugationszustand, dagegen massenhaft Längstheilungszustände, die nun ihrerseits wieder auf das genaueste mit den von Stein geschilderten, lateralen Syzigien übereinstimmten. Die Theilung erfolgt genau so, wie dies von den Vorticellen längst bekannt ist und verläuft sehr rasch. Der Nucleus verhält sich dabei wie die strangförmigen Nuclei überhaupt, er contrahirt sich zuerst zu einem kurzen, senkrecht auf der Theilungsebene stehenden Strang, welcher sich in dem Maasse, wie die Theilung fortschreitet, wieder in die beiden Theilungssprösslinge durch Auswachsen verlängert.

Isolirte ich in der Theilung begriffene Thiere, so waren dieselben gewöhnlich schon 10 Minuten später in die beiden Theilungsprösslinge zerfallen. Diesen so einfachen Versuch hat nun Stein nie gemacht, er hat nur gesehen und gedeutet und meiner Meinung nach entschieden irrig, denn die vermeintlichen lateralen Syzigien waren sicher nur Längstheilungszustände. Was mich in dieser Hinsicht zu einem so bestimmten Ausspruch veranlasst, ist das Verhalten, welches Stein dem Nucleus in seinen vermeintlichen lateralen Syzigien zuschreibt. Dieselben besassen nämlich stets einen gemeinschaftlich durch beide Individuen hinziehenden Kern, daher schloss er, dass die Kerne der beiden Individuen mit einander verschmelzen. Ein derartiges Verschmelzen der Kerne ist jedoch mit Ausnahme der von Engelmann beschriebenen völligen Verschmelzung zweier conjugirter *Stylonichia pustulata*, wobei die Nuclei gleichfalls zu einem einzigen verschmelzen sollen, bis jetzt bei keinem andern Infusor bekannt.*) Bei der knospenförmigen Conjugation der Vorticellen zerfällt jeder der Nuclei für sich in eine grosse Anzahl von Bruchstücken und die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere der *Vort. Campanula* stimmen, hinsichtlich der aus dem Nucleus hervorgegangenen Producte, völlig überein mit solchen, welche die knospenförmige Conjugation vollzogen haben. Stein nimmt nun weiter an,

*) Späterer Zusatz: Dass solche Vereinigung der Nuclei zweier auf ihren Stielen conjugirten Exemplare von *Vorticella nebulifera* wirklich vorkommt, davon habe ich mich später überzeugt (vergl. den Anhang).

dass die beiden in der lateralen Syzigie vereinigten Individuen schliesslich völlig zu einem grossen, einfachen Thier verschmölzen, an dessen Nucleus sich dann erst die weiteren Wirkungen der Conjugation zeigen sollen.

Es ist sehr zu bedauern, dass Stein es nicht versucht hat, sich durch wirkliche Beobachtung von der Richtigkeit seiner Annahmen zu überzeugen. Nach dem oben bemerkten muss ich mich für berechtigt halten, die Stein'sche Deutung zurückzuweisen und seine vermeintlichen lateralen Syzigien für weiter nichts als Längstheilungsformen zu erklären. Auch die angeblichen Syzigien zwischen sehr ungleich grossen Individuen halte ich für Theilungszustände, da ich selbst einen solchen antraf, wo der eine Theilsprössling nur ein Viertel bis ein Drittel des Volum's des anderen besass.

Dagegen vermag ich mir natürlich die eigenthümlichen Vereinigungen zweier Individuen mit ihren Hinterenden vorerst auch nicht anders als durch Conjugation zu erklären; dies mögen die eigentlichen, der knospenförmigen Conjugation entsprechenden Zustände gewesen sein, welche ich leider bis jetzt noch nicht auffand.

Wie gesagt, fanden sich jedoch unter den vielen von mir untersuchten Thieren einige sicherlich aus der Conjugation hervorgegangene, welche das Verhalten zeigten, das auch schon Stein beschrieb. Ihr Nucleus war in eine sehr grosse Zahl kleiner Bruchstücke zerfallen, die nach Behandlung mit 1 % Essigsäure das Aussehen sehr kleiner, dunkeler, granulirter Körperchen zeigten, die sich in ihrer Hülle durch Gerinnung etwas zusammengezogen haben, so dass sie in einer von Flüssigkeit erfüllten Höhle liegen (Taf. XIV. Fig. 1). Unter diesen kleinen Körperchen fanden sich mehrfach drei kugelige und grössere, welche nach Behandlung mit Essigsäure eine stark glänzende, dunkele Hülle und einen sehr contrahirten Inhalt zeigten, der also von einem weiten, hellen Hof umgeben ist, da ihre Masse vor der Gerinnung viel lichter und weniger dicht war, als die der gewöhnlichen Nucleusbruchstücke. Stein hat diese grösseren Körper auch gesehen und gibt an, dass er zuweilen sogar fünf bis acht fand; dieselben sollen von einem schmalen, lichten Hof umgeben sein, der als erste Anlage der lichten Substanz der späteren Embryonalkugeln betrachtet wird, welche aus diesen Körpern hervorgehen sollen. Es wird nicht berichtet, wie Stein diese Beobachtung angestellt hat, höchst wahrscheinlich hat er sich jedoch dabei auch der Essigsäure bedient und war dies der Fall, so möchte die Bedeutung des lichten Hofes doch wohl nur die einer mit Flüssigkeit erfüllten Höhle gewesen sein, welche durch die Gerinnung zu Stande kam.

Ich setzte nun die Beobachtungen der Vorticellen mehrere Tage fort, indem ich täglich etwa 30—50 Thiere untersuchte. Die nächsten Tage fand ich noch einige Exemplare mit zerfallenem

Nucleus, jedoch waren die Bruchstücke meist weniger zahlreich und grösser; darunter fand sich auch das in Fig. 2 abgebildete Thier, welches neben einer grossen Zahl kleiner Bruchstücke ein grosses, kernartiges Gebilde enthielt. Letzteres hatte im lebenden Thier ganz das blasse Aussehen des Kernes, nach Behandlung mit 1 % Essigsäure erschien es dunkelkörnig und glänzend wie die kleinen Bruchstücke. Ich vermuthe in diesem letzten Körper einen in Neubildung begriffenenen Nucleus und nicht etwa umgekehrt einen Zustand des Zerfalls, da der Zerfall des Nucleus bei anderen Infusorien, z. B. *Paramaecium* und *Cyrtostomum*, wie wir sahen, nie so unregelmässig vor sich geht. Schon den dritten Tag nach dem, an welchem ich zuerst die Thiere mit zerfallenem Nucleus beobachtet hatte, fand ich kein einziges mehr in diesem Zustand, dagegen z. B. eines mit ganz kugelförmig abgerundetem Nucleus. Die Untersuchung wurde fortgesetzt bis zum sechsten Tag, ohne dass ich noch einen Zustand mit zerfallenem Nucleus traf; die einzige Form von Bedeutung habe ich in Fig. 3 abgebildet, sie enthält zwei abgerundete, nucleusartige, grosse Körper und drei kleine dunkele Kugeln, die sich mit einiger Wahrscheinlichkeit als Nucleusbruchstücke in Anspruch nehmen liessen.

Das einzige Resultat von Erheblichkeit, welches ich bei dieser Untersuchung erhielt, scheint mir jedoch zu sein, dass ich auf kein Thier stiess, welches die Andeutung einer Embryonalkugel, geschweige von Embryonen enthalten hätte. Dies Resultat ist um so wichtiger, als Stein aus den Thieren mit zerfallenem Nucleus direct solche herleitet, die Embryonalkugeln neben einem gewöhnlichen, strangförmigen Nucleus enthalten. Jedermann wird sich nun natürlich sogleich fragen, wie dieser strangförmige Nucleus wieder entsteht. Stein legt sich diese Frage auch vor und beantwortet sie folgendermaassen: »Offenbar war der Nucleus dieser zweiten Form aus jenen Theilstücken des Nucleus der ersten Form, welche nicht zu Keimkugeln verwendet wurden, durch Reconstitution entstanden« (68; pag. 114). Dieses »Offenbar« scheint mir jedoch nicht geeignet, den Mangel einer einzigen Beobachtung hinsichtlich dieses Reconstitutionsprocesses zu ersetzen. Dass dieser reconstituirte Nucleus kleine, scharfumschriebene Kerne enthält, beweist ganz und gar nicht, dass er aus den kleinen Bruchstücken hervorging, denn derartige Kernchen sind in den Nuclei der Vorticellen jederzeit häufige Erscheinungen und kommen auch in denen anderer Infusorien oft genug vor, wo sie mit einem derartigen Bildungsprocess des Nucleus gar nichts zu thun haben. Es ist also meiner Ansicht nach für die *Vorticella Campanula* nicht im geringsten bewiesen, dass die Formen mit Embryonalkugeln sich von den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren mit zerfallenem Nucleus herleiten, ja, es scheint mir dies nach meinen Untersuchungen sehr unwahrscheinlich.

Ich gehe hier nicht näher auf die Frage nach der Bedeutung der angeblichen Embryonen der Vorticellen ein, da ich in dem folgenden Abschnitt die sogenannte Embryonenbildung bei den Infusorien überhaupt im Zusammenhang betrachten werde.

6. Abschnitt. Ueber die Bedeutung der sogenannten Infusorienembryonen.

Für die eigenthümliche Gruppe der Acineten, deren nähere Verbindung mit den ciliaten Infusorien ich anerkennen muss, obgleich sie eine in sich ganz abgeschlossene und in gewisser Hinsicht mit den Rhizopoden vermittelnde Abtheilung bilden — bei diesen Acineten steht es durch die schönen und zum Theil sehr eingehenden Untersuchungen von Stein, Claparède und Lachmann, Engelmann und neuerdings auch R. Hertwig völlig fest, dass sie sich durch an der Oberfläche oder innerhalb des mütterlichen Plasma's erzeugte Sprösslinge fortpflanzen. Man kann diese Schwärmsprösslinge der Acineten immerhin mit dem Namen Embryonen belegen, da ihre Organisation von der ihrer Eltern bedeutsam abweicht. Stets sind sie in gewissem Grade bewimpert; bald ist ihre Oberfläche völlig gleichmässig von zarten Wimpern bedeckt (*Acineta linguifera**) Cl. u. Lachm. vergl. Stein 60; Taf. II. Fig. 13; *Podophrya Steinii***) Cl. u. Lachm. vergl. Stein 60; Taf. II. Fig. Fig. 9; *Acineta solaris* Stein 67; p. 105; *Podophrya cothurnata* Cl. u. Lachm. 62; Taf. IV. Fig. 3) oder sie sind nur auf einem Theil ihrer Oberfläche bewimpert (*Podophrya Astaci* Cl. u. Lachm. vergl. Stein 60; Taf. VI. Figg. 36—39 und *Podophrya gemmipara* R. Hertwig 75). Sehr häufig ist diese theilweise Bewimperung in der Weise ausgebildet, dass sie einen oder mehrere aequatoriale Wimperreifen besitzen (*Podophrya Cyclopum* Cl. u. Lachm. siehe bei Stein 60; Taf. III. Figg. 33 u. 40; *Podophrya infusionum* Stein 60; Taf. IV. Figg. 33 u. 34; *Podophrya Pyrum* Cl. u. Lachm. 62; Taf. II. Fig. 1; *Podophrya quadripartita* Cl. u. Lachm. 62; Taf. III. Figg. 3 und 4; *Podophrya Carchesii* Cl. u. Lachm. Taf. IV. Figg. 9 u. 10; *Acineta tuberosa* Ehrbg. Stein 67; p. 105; *Acineta digitata* Stein 67; p. 105; *Acineta Cucullus* Cl. u. Lachm. Taf. II. Fig. 13; *Dendrosoma Astaci* Stein 67; p. 105; auch die Embryonen von *Dendrocometes paradoxus* Stein gehören wahrscheinlich zu diesem sehr verbreiteten Typus).

Die Entstehung dieser Embryonen ist noch nicht in allen Fällen aufgeklärt. Stein bemerkt hierüber in seiner letzten Publikation, dass dieselben »entschieden auf ungeschlechtlichem Weg entweder aus einer sich um einen zapfenförmigen Fortsatz des Nucleus entwickelnden Knospe (innere!) oder aus einer sich vergrössernden und nach und nach abschnürenden Portion

---

*) = *ligulata* Stein (67).

**) = *Acineta opercularіae* Stein (67; p. 105).

des Nucleus« entstünden (68; p. 139). Was die mehr äusserlichen Verhältnisse der Formation dieser Schwärmsprösslinge anlangt, so haben wir einmal ächte Theilung, wobei einer der Theilsprösslinge als Schwärmer forteilt (*Acineta mystacina* nach Claparède und Lachmann [62] und *Podophrya fixa* nach Cienkowski, auch die später zu besprechende parasitische Gattung *Sphaerophrya* nach Stein) — ferner Knospenbildung mit gleichzeitiger Erzeugung einer grösseren Zahl von Schwärmsprösslingen (nach R. Hertwig bei *Podophrya gemmipara*, vielleicht auch unter Umständen bei *Acineta mystacina*, vergl. Stein 60; Taf. 1. Figg. 17—22) — schliesslich Bildung der Schwärmsprösslinge innerhalb des mütterlichen Körpers. Dieser letzterwähnte Vorgang scheint sehr sonderbar und unvermittelt dazustehen, in der That ist dies jedoch nach den Untersuchungen, welche ich an *Podophrya quadripartita* anstellte, nicht der Fall. Indem ich die genauere Mittheilung dieser Untersuchungen dieser Abhandlung nicht mehr anfügen kann, beschränke ich mich darauf zu constatiren, dass die Anlage des einzigen, grossen Schwärmsprösslings bei dieser Acinete mit der Bildung der Geburtsöffnung beginnt. Die Folge dieses Vorgangs ist, dass der werdende Embryo durch diese Geburtsöffnung seit seines ersten Entstehens mit der Aussenwelt in Verbindung steht und dass daher der ganze Vorgang bei *Podophrya quadripartita* wenigstens nur scheinbar eine innere, in der That aber nur eine sehr modificirte, äussere Knospung darstellt. Aehnlich bilden sich ohne Zweifel noch eine grosse Zahl der vermeintlich endogenen Schwärmsprösslinge anderer Acineten, jedoch könnten sich immerhin auch noch ganz innerlich entstehende bei gewissen Arten vorfinden. Was nun aber die Ansicht anlangt, dass in einer grossen Zahl von Fällen diese Schwärmsprösslinge sich durch Umwandlung eines Theiles des Nucleus ihres Mutterthieres hervorbildeten, so muss ich diese mit R. Hertwig (75) für ganz gewiss unrichtig erachten. Ich bin hierzu um so mehr veranlasst, als ich bei der *Podophrya quadripartita*, von welcher Acinete gerade Claparède und Lachmann die Embryonenbildung aus dem Nucleus mit Bestimmtheit behaupteten, mich völlig sicher am lebenden Thier über den gesammten Verlauf der Embryobildung instruirt habe. Der Schwärmsprössling entsteht auch hier aus dem mütterlichen Plasma und erhält nur einen Theil des Nucleus seiner Mutter mit; die eigenthümliche Ansicht aber, dass derselbe direct aus dem Nucleus hervorgehe, hatte ihren Grund in ganz besonderen Gestalts- und Lageverhältnissen des Nucleus der Mutter und ihres Schwärmsprösslings, wie ich an einem anderen Orte ausführlich zeigen werde.*)

So sicher nun auch diese Fortpflanzungsweise durch Schwärmsprösslinge, welche sich, wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, ganz direct aus einfacher Theilung ableiten lässt, bei den

*) Vergl. Jen. Zeitschr. f. M. u. Naturwissensch. Bd. X.

Acineten nachgewiesen ist, so unsicher ist hingegen das, was man bei den ciliaten Infusorien als Embryonenbildung in Anspruch genommen hat. Diese vermeintliche Embryonenbildung wurde bei einer grossen Reihe von Infusorien nachgewiesen und von Focke, Cohn, Stein, Engelmann und Anderen zum Theil sehr genau geschildert.*) Am besten bekannt ist sie von *Paramaccium Aurelia* und *Bursaria*, *Stylonichia Mytilus*, *Urostyla grandis*, *Stentor Roeselii* und einer bedeutenden Zahl von Vorticellinen. Nach Stein soll diese Fortpflanzungsweise überall das Resultat der durch die Conjugation vermittelten, geschlechtlichen Vermischung sein. Unter den oben genannten Infusorien befinden sich nun drei — und sie gehören in dieser Hinsicht zu den am genauesten studirten — bei welchen ich den Conjugationsprocess von Anfang bis Ende verfolgt habe; bei keinem derselben zeigte sich aber Embryonenbildung. Hieraus kann denn schon mit völliger Sicherheit der Schluss gezogen werden, dass, wenn wirklich eine solche Art der Fortpflanzung bei den ciliaten Infusorien existirt, dieselbe doch nicht im Gefolge der Conjugation eintritt.

Gegen die Ansicht Stein's hat sich aber schon früher Balbiani (65; 66)**) erhoben und die Meinung ausgesprochen, dass diese vermeintlichen Embryonen nichts weiter als parasitische Geschöpfe und zwar kleine Acinetinen der Gattung *Sphaerophrya* Cl. u. Lachm. seien, welche sich speciell den Paramaecien, Stylonichien und Urostylen anhefteten, sich schliesslich in deren Leibesmasse einsenkten, vermehrten und wieder ausschwärmten. Die Embryonen der Vorticellen, welche sich von denen der übrigen Infusorien wesentlich dadurch unterscheiden, dass sie keine acinetenartigen Tentakel besitzen, hat er nicht besonders berücksichtigt. Diese Balbiani'sche Anschauung bekämpften sowohl Engelmann (110) wie Stein (68) hartnäckig, ohne jedoch dabei hinreichend zu berücksichtigen, dass Balbiani schon 1860 (65)

*) Die erste Beobachtung solcher vermeintlicher Embryonen eines Infusionsthieres ist vielleicht, worauf zuerst wieder R. Leuckart aufmerksam machte (vergl. Berichte über d. Leistungen in der Naturgesch. d. niederen Thiere w. d. J. 1854—55, p. 433), schon vor sehr langer Zeit von dem Pastor Göze gemacht worden. Derselbe beschreibt sogen. Infusionsthiermütter, welche eins bis acht und zwölf bewegliche Junge in sich beherbergten, deren Geburt er auch beobachtete; sie traten nämlich an den Seiten der Mutterthiere heraus. Ferner glaubt er auch diese Jungen, welche bald die Mütter in der Infusion ganz verdrängt hatten, in der Fortpflanzung durch Theilung beobachtet zu haben. Leider lässt sich nicht feststellen, welches Infusionsthier Göze zu seinen Beobachtungen gedient hat und so bleibt für uns nur die Wahrscheinlichkeit, dass die vermeintliche Embryonenbildung der ciliaten Infusorien, welche so viele Jahre später erst eingehender erkannt wurde, von einem so talentvollen und gewissenhaften Beobachter wie Göze schon im J. 1773 beobachtet worden war.

(Vergl. Herrn Carl Bonnet's wie auch einiger anderen berühmten Naturforscher auserlesene Abhandlungen aus d. Insectologie; aus d. franz. übersetzt und mit einigen Zusätzen herausgegeben v. J. A. Ephr. Göze. Halle 1774. p. 417—452).

**) Auch Carter sprach sich in ähnlichem Sinne aus, ohne jedoch Beweise beizubringen. Vergl. Notes and corrections on the Org. of Infusoria. Ann. a. mag. of nat. hist. III. ser. Bd. VIII. p. 288. 1861.

einen, wiewohl nicht ganz vorwurfsfreien Versuch gemacht hatte, der diese Frage ihrer Entscheidung sehr nahe rückte. Er brachte nämlich zu einer Anzahl embryonenfreier Thiere von *P. Aurelia* einige andere, die solche in sich trugen und fand schon nach vier Tagen fast sämmtliche Paramaecien mit den vermeintlichen Embryonen behaftet.

1864 theilte auch Mecznikoff (70) einige Beobachtungen über die vermeintlichen Embryonen mit, welche Stein nicht anführt; Mecznikoff sah einen Embryo von *P. Aurelia* ausschwärmen, sich an ein anderes *Paramaecium* anheften, seine Tentakel verlieren und schliesslich sich in dasselbe einsenken. Seine Beobachtungen sind jedoch nicht eingehend genug, um überzeugend zu wirken; man hätte nach ihnen immerhin noch an ein blos äusserliches Anheften denken können, um so mehr als ja auch Stein schon angibt, dass er gesehen habe, wie die Embryonen der Paramaecien sich an vorüberschwimmende Infusorien festsaugten und eine Zeit lang von diesen herumgeschleppt wurden.

Ich suchte daher unter allen Umständen über die vermeintlichen Embryonen ins Klare zu kommen und es ist mir denn auch geglückt, die parasitische Natur derselben bei *P. Bursaria* und *Aurelia*, sowie bei *St. Mytilus* mit aller wünschenswerthen Sicherheit festzustellen.

Schon die erste Bekanntschaft, welche ich mit diesen Embryonen bei *St. Mytilus* machte, lieferte mir den überzeugenden Beweis ihrer parasitischen Natur. Den 29. April 1875, 4 Uhr Nachmittags, traf ich ein conjugirtes Paar von *St. Mytilus*, dessen eines Thier auf seinem vorderen, linken Peristomrand einen hellen, ansehnlichen, runden Körper mit dunkelem Kern aufsitzen hatte; sein helles Protoplasma enthielt nur einige zerstreute, dunkele Körnchen und eine lebhaft pulsirende Vacuole. Das sorgfältig unter dem Deckgläschen isolirte Paar wurde nun weiter untersucht; um 8 Uhr Abends war der beschriebene Körper schon fast völlig in das Thier (das Paar hatte sich mittlerweile getrennt) eingesenkt; er ragte nur noch am linken Seitenrand, etwas hinter der Stelle, wo die adorale Wimperzone diesen trifft, aus dem Leibe des Thieres hervor. Den nächsten Morgen um 8 Uhr fanden sich an Stelle dieser grossen Embryonalkugel vier Embryonen im Innern des Thieres vor, von welchen soeben einer durch die Geburtsöffnung austrat. An das zweite aus der Conjugation hervorgegangene Thier hatten sich jedoch an seinem vorderen Rand, dicht nebeneinander zwei Embryonen, die ohne Zweifel in der Nacht von dem ersten Thier geboren worden waren, festgeheftet und sowohl Wimpern wie Tentakel verloren. Um 11 Uhr fanden sich nur noch zwei Embryonen in dem ersteren Thiere vor, die während der Beobachtung hervorbrachen, so dass nun dieses Thier wieder parasitenfrei geworden war.

So überzeugend nun auch diese Beobachtungsreihe schon ist, so will ich doch der Wichtigkeit der Sache wegen noch eine zweite mittheilen, deren Resultate in gleicher Weise überzeugend wirken. Am 2. Mai, Morgens 10 Uhr, sperrte ich unter dem Deckgläschen eine kleine, vollkommen embryonenfreie *Stylonichia* und ein grosses, viele kleine Embryonen enthaltendes Thier zusammen. Schon um 1 Uhr Mittags hatte sich eine *Sphaerophrya* auf dem Peristomfeld der kleinen *Stylonichia* festgeheftet und wurde durch die adoralen Wimpern beständig hin und her geschleudert. Um 5 Uhr Nachmittags hatte sich noch eine zweite eingestellt, welche sich die Bauchfläche dicht neben der Mitte des linken Seitenrandes zum Angriffspunkt auserwählt hatte. Wimpern und Tentakel hatten sie schon beide verloren. Um 9½ Uhr Abends ist die *Sphaerophrya* der Mitte schon fast völlig eingesenkt; den nächsten Morgen um 10 Uhr besitzt das Thier eine sehr deutliche, dicht am linken Seitenrand gelegene Geburtsöffnung, genau an der Stelle, wo die *Sphaerophrya* eindrang und dicht bei dieser liegen innerhalb des Thieres eine grosse und zwei kleine Embryonalkugeln. Wahrscheinlich war nur die *Sphaerophrya* des linken Seitenrandes eingedrungen und hatte sich in dieser Weise vermehrt. Um 1 Uhr Mittags ist auch eine zweite Kugel sehr herangewachsen, so dass sich nun zwei grosse und eine kleine finden; um 7 Uhr Abends hat sich eine der grossen Kugeln getheilt; um 11 Uhr Nachts auch die zweite, so dass nun fünf Embryonalkugeln, resp. Embryonen, dicht bei einander innerhalb des Thieres liegen. Hiermit wurde die Beobachtung abgeschlossen.

Bei *Paramaecium Bursaria* begnügte ich mich mit der Anstellung folgenden Versuchs. Ein mit Embryonen reichlich versehenes Thier wurde mit einem conjugirten Paar, das genau auf die Abwesenheit jeder Spur einer Embryonalkugel untersucht worden war, unter dem Deckgläschen zusammengesperrt. Dies geschah im Laufe des Morgens am 24. Mai 1875. Schon um 5 Uhr Nachmittags ist das eine der conjugirten Thiere von zwei kleinen Embryonen attakirt, dieselben haben schon Wimpern und Tentakel verloren und sitzen, etwas in die Oberfläche eingedrückt, der eine dicht vor dem Hinterrand etwas auf der Rückenseite, der andere etwas vor dem Mund am Aussenrand des conjugirten Thieres. Um 9¾ Uhr Abends sind die beiden Eindringlinge tief in das Thier eingesenkt und zu sehr ansehnlichen, dicht nebeneinander liegenden Embryonalkugeln herangewachsen; da, wo das hintere Thier sich eingesenkt hatte, fand sich eine Geburtsöffnung, ob sich, wie zu vermuthen, eine besondere für das vorn eingedrungene Thier fand, liess sich nicht genau entscheiden. Am folgenden Tag, 25. Mai, Morgens 8—9 Uhr, waren die beiden Embryonalkugeln noch bedeutend mehr herangewachsen, so dass sie die ganze Mitte des Thieres ausfüllten. Abends 6½ Uhr fand sich nur noch eine Embryonalkugel vor, die andere war jedenfalls durch Theilung zerfallen und die Embryonen waren ausgeschwärmt;

dagegen hatte sich nun in dem zweiten der conjugirten Thiere eine ansehnliche Embryonalkugel eingestellt. Hier fand die Beobachtung ihren Abschluss.*)

An *Paramaecium Aurelia* gelang mir folgende Beobachtungsreihe. Am Morgen des 20. Juni 1875 wurde um 10 Uhr ein kleines, ganz parasitenfreies Thier mit einem von Parasiten inficirten unter dem Deckglas zusammengesperrt. Schon um 3 Uhr Nachmittags hatte sich ein Parasit eine kleine Strecke hinter dem Vorderende auf der Bauchseite des kleinen Thieres festgeheftet. Abends um 8 Uhr war derselbe schon so tief eingesenkt, dass er nur mit einem kleinen Theil aus der Einsenkungsstelle hervorragte, dazu hatte sich noch eine zweite, schon sehr ansehnliche Embryonalkugel gesellt, welche sich dicht vor der Mundöffnung auf der Bauchseite eingesenkt hatte. Schon den nächsten Morgen waren die Parasiten aus dem Thier völlig verschwunden, dagegen hing an dessen Hinterende jederseits eine Tentakel tragende, kleine *Sphaerophye* ohne Wimpern.

Durch die vorstehend mitgetheilten Beobachtungen dürfte es wohl über allen Zweifel feststehen, dass Balbiani mit dem grössten Recht die vermeintlichen Embryonen dieser drei Arten für Parasiten in Anspruch nahm. Es unterliegt daher auch keiner Frage, dass die bei nahe verwandten Thieren gefundenen Embryonen sich in gleicher Weise durch Parasitismus erklären. Hierher gehören die Embryonalkugeln bei *Euplotes Patella*, *Pleurotricha lanceolata* und namentlich die durch Bau und Beschaffenheit sich völlig an die der *Stylonichia* anschliessenden Embryonalkugeln und Embryonen von *Urostyla grandis* (vergl. Stein 67; Taf. XIV). Auch die Embryonen, welche Cohn**) bei *Nassula elegans* fand, gehören sicherlich hierher.

Etwas zweifelhafter könnte möglicher Weise die parasitische Natur der acinetenartigen Embryonen der Stentoren erscheinen, da diese sich durch Bau und Entwicklung etwas von den Embryonen der früher genannten Infusorien unterscheiden. Am genauesten hat Stein dieselben bei *Stentor Röselii* verfolgt, sie finden sich jedoch nach ihm auch bei *St. polymorphus* und *coeruleus*; von dem nahe verwandten *Climacostomum virens* Stein fand ich ein Thier mit zahlreichen Embryonalkugeln neben dem völlig intacten Nucleus, die Embryonen schienen ähnlich gebaut zu sein wie die der Stentoren.

In ihrer Bauweise stimmen die Embryonalkugeln der Stentoren völlig mit denen der Paramaecien und Stylonichien überein, dagegen entwickelt sich der Embryo aus ihnen nach Stein durch eine

*) Auch mir passirte es bei einer Untersuchungsreihe, dass die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere von *P. Bursaria* fast sämmtlich von Parasiten inficirt waren; man erhält dann täuschende Bilder, wo neben den Producten des Nucleolus sich Embryonalkugeln finden, wie sie Balbiani (63) in Taf. IV. Fig. 16 abbildete, und die ihn auch ursprünglich veranlasst hatten, sich der Stein'schen Embryonenlehre anzuschliessen.

**) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. IX. p. 143. Taf. VIII. B.

Combination von Knospung und Theilung, d. h. ähnlich wie die durch innere Knospung entstehenden Schwärmsprösslinge der Acineten; gerade letzterer Umstand, der sich ähnlich auch bei den Vorticellinen findet, ist für mich ein Beweis, dass wir es hier sicherlich mit parasitischen Acineten zu thun haben. Die etwas abweichende Bauweise der Embryonen der Stentoren, die nur mit einem mittleren Wimperreif versehen sind, kann gleichfalls nicht von Bedeutung erscheinen, da wir ja zahlreiche Acinetenschwärmsprösslinge von ähnlicher Bildung kennen.

Bei Beurtheilung dieser Frage scheint es mir von Interesse, dass ich im October vergangenen Jahres, beim Durchsuchen einer grossen Menge von *Stentor coeruleus*, auf zwei Thiere stiess, von welchen jedes in seinem Innern sehr eigenthümliche, in voller Lebensthätigkeit befindliche Infusorien einschloss. Ihrer Bauweise nach konnten diese viel eher als Embryonen des *Stentor* in Anspruch genommen werden, als die sogenannten acinetenförmigen Embryonen. Der grosse *Stentor*, an welchem ich zuerst diese Beobachtung machte, zeigte ein etwas eigenthümliches Verhalten; er liess nämlich nichts von einem Mund erkennen. Der nach diesem hinleitende Theil der adoralen Wimperspirale schien völlig unterdrückt zu sein und an der Stelle, wo die Wimperspirale den linken Seitenrand erreicht, sass ein kleines knospenartiges, mit Wimpern bedecktes Zäpfchen dem Thiere auf. Die Nucleuskette schien, nach der Betrachtung im lebenden Thier zu urtheilen, in ihre einzelnen Glieder zerfallen zu sein. Im Innern des Thieres fanden sich nun zwei sehr ansehnliche, starkkörnige Kugeln, von welchen jede in einer sie dicht umschliessenden, mit Flüssigkeit gefüllten Höhle des Endoplasma's sich befand. Die Oberfläche dieser Kugeln zeigte eine sehr deutliche, in zwei Polen zusammenlaufende Körperstreifung, ähnlich der manches holotrichen Infusors und ferner ein zartes, in beständiger Bewegung befindliches Wimperkleid. In ihrem Centrum schimmerte der Kern als ein heller Fleck durch, nahe ihrer Oberfläche fand sich eine contractile Vacuole. Das Plasma der Kugeln war, wie gesagt, von zahlreichen Körnern ganz erfüllt und daher sehr dunkel; durch die beständige Thätigkeit der Wimpern wurden die Kugeln in Rotation erhalten. Der so beschaffene *Stentor* wurde um 4½ Uhr Nachmittags in einem Uhrschälchen isolirt; schon um 5 Uhr hatte sich ein deutlicher Mund neugebildet und der zapfenförmige Fortsatz war völlig verschwunden. Die grössere der dunkelen Kugeln aber wurde in Theilung angetroffen (Taf. XIV. Fig. 5); ihr Kern liess sich noch durch beide Theilhälften verfolgen. Um 7 Uhr Abends war jeder der Theilsprösslinge nochmals zerfallen, so dass sich jetzt vier fanden (Fig. 6), deren Plasma sich sehr aufgehellt hatte und nur noch wenige zerstreute Körnchen einschloss. Der Kern dieser Sprösslinge war gleichfalls sehr hell und durchsichtig, so dass er sich nun nicht mehr deutlich

unterscheiden liess; dagegen war die contractile Vacuole eines jeden sehr gut sichtbar. Um 8½ Uhr Abends war die Theilung bis zu acht weitergeschritten, zwei fanden sich in dem stielförmig ausgezogenen Hinterende des *Stentor*, die sechs anderen hingegen ganz vorn, dicht am Peristom, woraus hervorgeht, dass sie ihren Ort innerhalb des *Stentor* änderten, d. h. durch die Plasmaströmung in demselben verschoben wurden. Um 10 Uhr Nachts zählte ich zehn Sprösslinge, die Theilung war demnach nicht mehr gleichmässig weitergeschritten, sondern es hatten sich nur zwei Sprösslinge getheilt. Bis 11½ Uhr Nachts waren keine weiteren Veränderungen eingetreten und den folgenden Morgen das Thier leider abgestorben. Die zweite und kleinere, körnige Kugel hatte während der gesammten Beobachtungszeit nicht die geringste Veränderung gezeigt.

In den nächsten Tagen fand ich noch einen *Stentor coeruleus*, der eine grosse derartige Kugel einschloss; derselbe war völlig normal gebaut, nur der Nucleus schien in zwei Hälften zerfallen, von welchen die vordere aus drei, die hintere hingegen aus vier Gliedern bestand. Dies Thier wurde 10 Uhr Morgens isolirt; um 6 Uhr Abends war die körnige Kugel in vier Sprösslinge zerfallen, um 9½ Uhr die Zahl derselben schon so gross, dass ich, da das Thier eine sehr ungünstige Lage hatte, eine genaue Zählung nicht bewerkstelligen konnte, jedoch habe ich zwölf mit Sicherheit gezählt. Den nächsten Morgen war leider auch dieses Thier abgestorben und die Sprösslinge fanden sich in seiner Umgebung zerstreut und todt vor; die Kerne derselben waren nun sehr deutlich und durch die Einwirkung des Wassers dunkel und körnig geworden. Ich erwähne noch, dass die Sprösslinge der ursprünglichen, körnigen Kugel stets sehr deutlich ein allseitiges Wimperkleid zeigten, daher nichts mit den acinetenartigen Embryonen und Embryonalkugeln zu thun haben.

In Anbetracht dieses zweimal so gleichmässig beobachteten Entwicklungsganges der ursprünglichen grossen, körnigen, bewimperten Kugeln von *Stentor coeruleus* kann es keiner Frage mehr unterliegen, dass hier nicht etwa ein von *Stentor* gefressenes Infusor vorlag, sondern ein für die Vermehrung der eingeschlossenen, infusorienartigen Kugel sehr günstiger, normaler Vorgang. Leider liess sich das schliessliche Schicksal der Sprösslinge nicht ermitteln, jedoch kann es gewiss nicht zweifelhaft sein, dass dieselben in irgend einer Weise einmal wieder aus dem *Stentor* hinausgelangen.

Hält man aber an der Erzeugung von Embryonen bei den Stentoren fest, so lässt sich nun gewiss mit Recht die Frage aufwerfen, welches denn eigentlich diese Embryonen sind, jene mit völligem Flimmerkleid und Körperstreifung versehenen kleinen Sprösslinge oder die acinetenartigen Schwärmer? Andererseits jedoch fragt es sich, ob nicht beiderlei Gebilde

parasitischer Natur sind? Ich muss sagen, dass mir diese letztere Ansicht weitaus die grösste Wahrscheinlichkeit zu haben scheint. Hinsichtlich der acinetenartigen Embryonen habe ich meine Gründe schon oben ausgesprochen; was die bewimperten Kugeln und ihre Sprösslinge betrifft, so scheint mir, dass der geschilderte Vermehrungsprocess derselben innerhalb des Stentors bei Annahme ihrer parasitischen Natur sehr verständlich ist, nicht hingegen, wenn man in ihnen Sprösslinge des Stentors selbst sehen will; denn, um mich einer etwas trivialen Ausdrucksweise zu bedienen, ich möchte nicht glauben (in Anbetracht unserer jetzigen Kenntnisse von der Fortpflanzung verwandter Organismen), dass die Natur sich solcher Umwege bediente, um die Fortpflanzung eines Infusors zu bewerkstelligen. Ganz derselbe Vorwurf trifft jedoch die vermeintliche Fortpflanzung der ciliaten Infusorien durch Embryonen im Allgemeinen. Der nächste Forscher, welcher sich mit der Untersuchung der Stentoren genauer beschäftigt, wird die parasitische Natur ihrer acinetenartigen Embryonen sicherlich nachweisen.

Claparède und Lachmann haben schon Embryonen der Stentoren beschrieben und abgebildet (62; pag. 186. Taf. IX, Figg. 2 und 5); dieselben stimmten nach ihrer Beschreibung darin mit den von mir gesehenen Gebilden überein, dass sie ein allseitiges Wimpernkleid besitzen sollen; ich glaube jedoch, dass Stein Recht hat, wenn er die von den genannten Forschern beschriebenen Embryonen für identisch mit seinen Embryonalkugeln und den acinetenartigen Abkömmlingen derselben hält. Welcher Natur die von Ekhard 1846 (71) beschriebenen Embryonen des *Stentor coeruleus* waren, kann ich aus der Beschreibung und Abbildung nicht erkennen; Stein hält auch sie für identisch mit den Embryonalkugeln und ihren Sprösslingen.

Ich wende mich nun zu einer Betrachtung der sogenannten Embryonen der Vorticellinen, welche Stein ja hauptsächlich als Stütze seiner Lehre von der Fortpflanzung der ciliaten Infusorien durch Embryonen anführt. Da mir hinsichtlich dieser keine eigenen Untersuchungen zu Gebote stehen, so werde ich mich genau an die uns von Stein gegebene Schilderung der Vorgänge bei diesen Thieren halten und mich womöglich auf seine eigenen Worte stützen.

Die Embryonen der Vorticellinen entwickeln sich wie die vermeintlichen der Paramaecien und Oxytrichinen aus Embryonalkugeln. Hinsichtlich dieses Vorganges bemerkt Stein (68; pag. 137): »Nun sind bei verschiedenen *Oxytrichinen*, *Euplotes*, *Stentor* und *Paramaecium* genau ebensolche Embryonalkugeln wie bei den Vorticellinen beobachtet, dieselben bringen auch auf ganz ähnliche Weise lebendige Junge hervor.« Es existirt also nach seinen eigenen Worten kein Unterschied zwischen den Embryonalkugeln der Paramaecien und Stylonichien einerseits und den gleichen Gebilden der Vorticellinen auf der anderen Seite. Auch die Art und Weise wie diese Embryonalkugeln die Embryonen entweder durch äussere oder

innere Knospung und Theilung erzeugen, ist in beiden Fällen nahezu identisch und stimmt bemerkenswerther Weise auch völlig mit der Entwicklung der Schwärmsprösslinge der Acineten überein, wie sie Stein schon 1854 von *Acineta (Podophrya) infusionum* Stein (vgl. 60; Taf. IV. Figg. 47 und 48) und *Acineta tuberosa* Ehrbg*) geschildert hatte. Er hob diese Uebereinstimmung in der Entwicklung des Embryos aus der Embryonalkugel von *Vorticella Campanula* mit der Entwicklung der Schwärmsprösslinge der genannten Acineten auch ganz besonders hervor, indem er sagt (68; pag. 115): »Die Entwicklung des Embryo im Innern der Embryonalkugel und vom Kern« — der Embryonalkugel — »aus erfolgt ganz auf dieselbe Weise, wie die Entwicklung der Schwärmsprösslinge im Innern des Acinetenkörpers von dessen Nucleus aus.«

In Beziehung auf ihre Fortpflanzung ist demnach eine Embryonalkugel der Vorticellinen einer ächten Acinete völlig gleich zu setzen.

Man könnte nun vielleicht behaupten wollen und Stein thut dies auch an der Stelle, wo er die Balbiani'sche Ansicht der parasitischen Natur der Embryonen zu widerlegen sucht, dass die Embryonen der Vorticellen ganz anderer Natur seien, wie die sogenannten acinetenartigen der Stylonichien, Paramaecien etc., dass daher, wenn auch letztere Parasiten wären, doch die Embryonen der Vorticellinen nicht auch solche zu sein brauchten. Aber dieser Einwand ist ohne jegliche Bedeutung, denn die Embryonen der Vorticellinen zeigen völlig den Bau vieler Schwärmsprösslinge echter Acineten. Stein spricht sich in dieser Hinsicht folgendermassen aus: »Die Embryonen der Vorticellinen zeigen die frappanteste Aehnlichkeit mit den Schwärmsprösslingen verschiedener Acinetinen, namentlich der *Acineta quadripartita*, *lemnarum*, *infusonium* und *cyclopum*.«

Aus dem bis jetzt Gesagten geht also mit absoluter Sicherheit hervor, dass der Auffassung der Embryonalkugeln der Vorticellinen als parasitischer Acinetinen hinsichtlich ihrer Beschaffenheit und Fortpflanzung nicht das Geringste im Wege steht, ja dass die Uebereinstimmung derselben mit echten Acineten so gross ist, dass sich eine solche Auffassung jedem unbefangenen Beurtheiler geradezu aufdrängt.

Suchen wir nun aber auch nur nach einer sicheren Beobachtung über die Entstehung dieser vermeintlichen Embryonalkugeln innerhalb der Vorticellinen im Gefolge der Conjugation, so werden wir unter den zahlreichen Mittheilungen Stein's nichts finden, sondern nur auf

---

*) Hertwig (75) bemerkt, dass Stein diese Acinete fälschlich *tuberosa* Ehrbg. bezeichne; dies ist unrichtig, dieselbe ist gewiss die ächte *A. tuberosa* Ehrbg., wie auch Cl. und Lachm. anerkannten.

Annahmen und durch eine vorgefasste Meinung beeinflusste Zusammenstellungen verschiedener Zustände stossen. Bei den eigentlichen Vorticellen sollen sich einzelne der Bruchstücke, in welche der Nucleus während der Conjugation zerfällt, direct zu Embryonalkugeln entwickeln, was hauptsächlich aus den Beobachtungen an *Vorticella Campanula* geschlossen wird. Glücklicher Weise haben wir diese Art zu beobachten Gelegenheit gehabt und uns wenigstens überzeugt, dass sich unter den Thieren, von welchen eine ziemliche Menge aus der Conjugation hervorgegangen waren, auch nicht ein einziges mit einer Embryonalkugel auffinden liess.

Der zweite Entwicklungsmodus der Embryonalkugeln, der sich bei den stockbildenden Vorticellinen und den Trichodinen finden soll, ist jedoch viel merkwürdiger. Hier sollen sich alle Nucleussegmente erst wieder zu einem einzigen scheibenförmigen Körper vereinigen, der sogenannten Placenta, die dann die Keimkugeln ausscheidet und sich zu einem gewöhnlichen Nucleus zurückbildet.

In dieser Darstellung des Entwicklungsganges bei den stockbildenden Vorticellinen sind jedoch zwei sehr bedenkliche Lücken. Einmal liegt hinsichtlich der Annahme, dass die Nucleusbruchstücke sich wieder zu einer Placenta vereinigen, nicht eine einzige Beobachtung vor, sondern dieselbe gründet sich nur auf den Bau der Placenta, welche gewöhnlich aus einer lichten Substanz mit vielen kleinen, dunkelen Kernchen besteht, wodurch eben das Hervorgehen aus den Bruchstücken des Nucleus bewiesen sein soll. Zweitens fehlt jegliche Beobachtung hinsichtlich des Entstehens der sogenannten Keimkugeln aus dieser Placenta, ja, es sind nicht einmal derartige Keimkugeln (die dunkelen Kernchen der Placenta) neben derselben aufgefunden worden, sondern nur einmal bei *Zoothamnium arbuscula* Embryonalkugeln neben der Placenta. Wir können hieraus ersehen, dass die Abstammung der Embryonalkugeln vom Nucleus der aus der Conjugation hervorgegangenen Vorticellinen auch nicht in einem einzigen Fall mit einem Anschein von Sicherheit beobachtet wurde.

Fragt man nun aber andererseits nach dem Schicksal der von diesen Embryonalkugeln erzeugten Embryonen, ihrer etwaigen Umbildung zu Vorticellinen, so liegt hierüber natürlich gar keine Beobachtung vor, ihr Schicksal ist völlig unbekannt.

Fassen wir das oben Gesagte noch einmal zusammen, so finden wir also: dass sowohl die Abstammung der Embryonalkugeln der Vorticellinen, als auch das Schicksal der aus ihnen hervorgehenden Embryonen gänzlich in Dunkel gehüllt ist, dass sie hingegen eine frappante Aehnlichkeit mit den parasitischen Embryonalkugeln der Stylonichien und Paramaecien, sowie in der Art ihrer Fortpflanzung und der Beschaffenheit ihrer Sprösslinge mit den Acineten haben

und dies ist der thatsächliche Boden, auf welchem die Lehre von der Fortpflanzung der Vorticellinen mit so grosser Beredsamkeit entwickelt wurde.

Ich brauche also kaum noch besonders hervorzuheben, dass ich die feste Ueberzeugung habe, dass die Embryonalkugeln der Vorticellinen in gleicher Weise wie die der Stylonichien und Paramaecien nichts weiter als parasitische Acinetinen sind und ich hoffe auch, dass es mir gelungen ist, diese Ueberzeugung bei jedem unbefangenen Leser dieser Zeilen in gleicher Weise hervorgerufen zu haben. Die directe Beobachtung muss später entscheiden, ob sich diese Auffassung, wie so sehr wahrscheinlich, vollkommen den thatsächlichen Verhältnissen anschliesst. Auf alle Fälle jedoch geht aus den dieser Frage gewidmeten Betrachtungen mit unabweisbarer Sicherheit hervor, dass nichts mit weniger Zuverlässigkeit constatirt ist, als eine vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung der ciliaten Infusorien durch Embryonen, sondern dass die seither hierfür angesprochenen Erscheinungen sich viel leichter, sicherer und überzeugender durch den für eine Anzahl Fälle mit Gewissheit constatirten Parasitismus kleiner Acineten erklären lassen.

Es würde mich hier viel zu weit führen, wenn ich alle die Einwände, welche Stein (68; p. 50—55) gegen die zuerst von Balbiani ausgesprochene Ansicht von der parasitischen Natur der vermeintlichen Embryonen erhob, zu widerlegen versuchte. Angesichts des thatsächlichen Nachweises der Richtigkeit dieser Auffassung für *Paramaecium* und *Stylonichia* hätte eine solche Besprechung auch gar keine Bedeutung mehr; ich begnüge mich daher mit dem Hinweis auf einige Punkte. Balbiani (66) lässt die parasitischen Acineten nicht in das Innere des inficirten Thieres selbst eindringen, sondern dieselben werden nach ihm nur in einen sich handschuhfingerartig einstülpenden Schlauch der Hautschicht des Infusors eingeschlossen, welcher Schlauch durch die Geburtsöffnung nach aussen mündet. Für die Paramaecien vermag ich diese Auffassung völlig zu bestätigen, weniger sicher bin ich in dieser Hinsicht bei den Stylonichien, da ich auf diesen Punkt nicht viel achtete. Dagegen dringen dieselben, wie aus meinen Beobachtungen hervorgeht, keineswegs durch die Mundöffnung ein, eine Möglichkeit die Stein plausibler scheint als die von Balbiani ausgesprochene Ansicht.

Dass die verschiedenen Arten und wohl auch Gattungen parasitischer Acineten, die wir als die Erzeuger der Embryonalkugeln betrachten müssen, sich nur bestimmte Infusorien als Wohnthiere aussuchen, ist eine Erscheinung, über deren Erklärung man verschiedener Meinung sein kann, jedoch keineswegs irgend welcher Beweis gegen ihre parasitische Natur, wie Stein anzunehmen geneigt ist. Ebensowenig ist jedoch darin, dass wir eine ganze Anzahl verschiedener parasitischer Acinetinen constatiren müssen, ein Grund gegen meine Auslegung dieser Erscheinungen zu suchen. Stein hebt auch hervor, dass sich ein Einbohren der

tentakellosen Vorticellenembryonen durch die Cuticula ihrer Wohnthiere gar nicht denken lasse; dieser Einwand ist jedoch aus verschiedenen Gründen ohne Bedeutung. Einmal habe ich oben gezeigt, dass die Sphaerophryen der Stylonichien und Paramaecien sich gar nicht mittelst ihrer Tentakel einbohren, sondern dieselben völlig verlieren, sobald sie sich dem Wohnthier angeheftet haben. Zweitens ist es jedoch auch gar nicht ausgemacht, ob die Embryonen der Vorticellen gleich selbst wieder zum parasitischen Leben zurückkehren, sie können ebenso gut, wie dies die Schwärmsprösslinge der Acineten thun, erst nach einiger Zeit ihre Tentakel ausbilden und dann vielleicht einige Zeit als Acineten leben, bis es ihnen oder ihren Nachkommen gelingt, wieder in eine Vorticelle einzudringen.

Ich halte daher die Annahme, dass die Embryonalkugeln und Embryonen der Vorticellinen Parasiten seien, nicht für »geradezu lächerlich«, wie Stein behauptet und bin bereit den Fluch der Lächerlichkeit, welcher demnach die Folge einer derartigen Annahme sein soll, auf mich zu nehmen.

Bekanntlich findet sich bei den Acineten nach den Untersuchungen Claparède's (62; p. 120—121. Taf. III. Figg. 10, 11 u. 12), die hauptsächlich an *Podophrya quadripartita* angestellt worden sind, eine besondere Art von kleineren Embryonen, die sich durch ihre ganz eigenthümliche Entwicklung auszeichnen, indem sie nämlich im Innern von Kugeln ihren Ursprung nehmen, welche sich ihrer Bauweise nach völlig an die sogenannten Embryonalkugeln der Vorticellinen etc. anschliessen. Diese Embryonalkugeln der *Podophrya quadripartita* sollen nun aus dem Nucleus hervorgehen, was jedoch keineswegs erwiesen ist. So hätten wir denn bei den Acineten noch eine zweite Fortpflanzungsweise, die sich sehr innig an die vermeintliche Fortpflanzung der Vorticellen durch Embryonenbildung anschlösse und die Stein (68; p. 140) daher auch als eine geschlechtliche mit vorausgehender Conjugation auffasst, ohne dass jedoch bewiesen wäre, dass die Conjugation diesen Fortpflanzungsprocess überhaupt einleite. Es ist aber bis jetzt noch nicht einmal gezeigt worden, dass diese Bildung kleiner Embryonen bei *Podophrya quadripartita* wirklich eine Fortpflanzungserscheinung dieser Acinete ist, da weder das Schicksal der kleinen Embryonen, noch die Herkunft ihres Mutterkörpers (Embryonalkugel) ermittelt ist. Ich kann die Vermuthung nicht unterdrücken, dass es sich hier um einen Fall von Parasitismus einer Acinetine in einer anderen handle wie bei den Ciliaten, denn es ist kein ausreichender Grund vorhanden, welcher gegen die Möglichkeit, dass die Acineten zuweilen selbst die Opfer ihrer parasitirenden Verwandten würden, angeführt werden könnte.

7. Abschnitt. Ueber die Bedeutung der sogen. Nucleoli und Widerlegung der Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien.

Schon der Name, mit welchem v. Siebold 1848 das zuerst bei *P. Bursaria* von ihm entdeckte, dunkele Körperchen, welches der Oberfläche des Nucleus dicht angedrückt oder sogar etwas in dieselbe eingesenkt war, bezeichnete, gibt uns Aufschluss über die Vorstellung, welche der Hauptverfechter der Einzelligkeitslehre sich von der Wesenheit des von ihm gefundenen Körperchens machte. Er verglich dasselbe mit dem in ächten Zellkernen sich findenden Binnenkörperchen, dem sogenannten Nucleolus der Kerne. Es war dies natürlich ein sehr gewagter Vergleich, den zu unternehmen nur zu einer Zeit erlaubt war, wo die Zellentheorie sich noch in ihren Jugendtagen befand.

Nachdem dieser Name den fraglichen Körperchen nun einmal gegeben war, blieb die Auffassung derselben wohl auch für einige Zeit durch ihn bezeichnet. So bemerkt Stein (67; p. 95), nachdem er das bei *Chilodon* etc. innerhalb des hellen Bläschens des Nucleus sich findende, dunkele, scharf begränzte Körperchen als einen Nucleolus beschrieben hat, weiter: »Ein besonderer Nucleolus kommt noch bei einer mässigen Anzahl anderer Infusorien vor; bei diesen liegt er jedoch nicht im Nucleus eingeschlossen, sondern entweder an der äusseren Oberfläche desselben in einer seichten Vertiefung oder ganz frei dicht neben dem Nucleus.« Hieraus geht doch wohl hervor, dass er den innerhalb des Nucleus liegenden Nucleolus von *Chilodon* und die ausserhalb desselben im Parenchym anderer Infusorien gelegenen sogenannten Nucleoli als gleichwerthige Gebilde auffasste.

Claparède und Lachmann haben sich meines Wissens an keiner Stelle ihres so umfangreichen Werkes über die Bedeutung der Nucleoli ausgesprochen; aus ihrer bekannten Auffassung der Infusorienorganisation überhaupt, geht jedoch mit Sicherheit hervor, dass sie an einen Vergleich dieser Gebilde mit den sogenannten Nucleoli ächter Zellkerne nicht im entferntesten denken konnten.

Zu einer ungeahnten Bedeutung gelangten jedoch diese Nucleoli durch die denkwürdigen Untersuchungen Balbiani's, aus welchen sich ergab, dass dieselben in Folge der Conjugation zweier Infusorien so merkwürdige Umbildungen erfuhren, dass er sich für berechtigt hielt, den überraschenden Schluss zu ziehen: diese Entwicklung der Nucleoli führe zu der Ausbildung einer oder zahlreicher, mit vielen reifen Samenfäden gefüllter Kapseln und der sogenannte Nucleolus sei daher in seinem gewöhnlichen, einfachen und rudimentären Zustand, als das männliche

Ei, die Entwicklungszelle der Spermatozoën zu betrachten. Diese Auffassung des Nucleolus wurde von Stein völlig adoptirt, denn, da er die Entwicklungsproducte der Nucleoli mit Balbiani als mit reifen Samenfäden erfüllte Kapseln in Anspruch nimmt, hätte er sich auch nicht der einfachen Consequenz dieser Anschauung entziehen und die Nucleoli als die Entwicklungszelle dieser Samenfäden betrachten müssen; er spricht sich jedoch nie entschieden in diesem Sinne aus. Nach diesen, ohne Zweifel höchst bedeutenden Fortschritten in der Erforschung der Infusorien, hatten sich also die Nucleoli, in gleicher Weise wie die Nuclei, als echte, wiewohl in einem rudimentären Zustand befindliche Zellen ergeben, um so mehr als das Vorhandensein eines Zellkernes in dieser Hinsicht nicht absolut erforderlich erscheint.

Es fragt sich daher nur, ob die von Balbiani und Stein beliebte Auffassung der, während der Conjugation an den Nucleoli sich abspielenden Vorgänge auch eine richtige ist und dies ist nun keineswegs der Fall. Schon im Jahre 1873 (78) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass sich ja ganz ähnliche Umwandlungen der Nucleoli, wie sie im Gefolge der Conjugation eintreten, auch bei der gewöhnlichen Theilung derselben verfolgen lassen und zog hieraus, sowie daraus, dass der Nachweis der Entwicklung der vermeintlichen Spermatozoën aus echten Zellen keineswegs geführt sei und Niemand mit Sicherheit gesehen habe, dass die Spermatozoën der Samenkapseln entweder den Nucleus selbst, wie Stein will, oder die Eier nach Balbiani befruchteten, den Schluss: dass die Balbiani-Stein'sche Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien auf sehr schwachen Füssen stehe. Ungefähr um dieselbe Zeit hat auch Häckel sich in manchen Beziehungen in ähnlichem Sinne ausgesprochen. Er sagt (81; p. 552): »Jedenfalls hat noch Niemand bisher den Nachweis führen können, dass diese angeblichen Zoospermien wirkliche Zellen sind oder sich aus Zellen entwickeln.« Dass die Zoospermien der höheren Thiere jedoch wirklich Zellen seien, ist ein von verschiedenen Forschern, wie Schweigger-Seidel, la Valette, Meznikoff und mir, für die verschiedensten Abtheilungen überzeugend nachgewiesen worden; bei den Spongien hat Häckel dasselbe zu zeigen vermocht. Der Umstand, welchen Häckel gleichfalls anführt, dass nämlich die geschlechtliche Fortpflanzung erst bei einer kleinen Zahl von Ciliaten nachgewiesen sei, ist einmal desshalb ohne Bedeutung, weil eben überhaupt seither nur eine kleine Anzahl von Ciliaten hinsichtlich ihres Conjugationsprocesses untersucht worden ist und ferner ein derartiges Verhalten, selbst wenn es wirklich existirte, doch keine Bedeutung beanspruchte, wenn auch nur in einem Fall die geschlechtliche Fortpflanzung sicher nachgewiesen wäre.

Es scheint mir jedoch, dass Häckel sich der grossen Bedeutung, welche die von Balbiani und Stein geschilderten und auf geschlechtliche Fortpflanzung bezogenen

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY

Vorgänge haben, nicht hinreichend bewusst war. Wie wäre sonst der folgende Satz erklärlich: »haben doch sogar Balbiani und Andere die angeblichen Zoospermien für eingedrungene parasitische Vibrioniden erklärt.« Dieser Satz bezieht sich nämlich auf die in den Nucleoli während der Conjugation sich bildenden, haarförmigen Fädchen oder Stäbchen und Balbiani's ganze Arbeit sucht den Nachweis zu führen, dass gerade diese, bei jeder Conjugation ganz regelmässig durch Umwandlung des Nucleolus sich erzeugenden Gebilde, die ächten Zoospermien seien.

Im Jahre 1874 hat Claus (82) sich gleichfalls gegen die Bedeutung des Nucleolus als Samendrüse ausgesprochen, ohne jedoch meiner 1873 erschienenen Arbeit zu gedenken. Ich kann mir daher auch nicht erklären, welche Untersuchungen oder Arbeiten es sind, die ihn zu dem folgenden Ausspruch veranlassen: »Leider sind freilich die über alle Zweifel festgestellten Thatsachen, welche die Keimbildung aus dem Nucleus betreffen, auf eine relativ spärliche Zahl beschränkt, seitdem nicht nur die von Forschern wie Lieberkühn stets bezweifelte Bedeutung des Nucleolus als Samendrüse so gut als zurückgewiesen und daher die geschlechtliche Fortpflanzung überhaupt in Frage gestellt, sondern auch die Beziehung der acinetenartigen Sprösslinge auf parasitische Acineten sehr wahrscheinlich geworden ist.« Ich muss mir nur die Anfrage erlauben, von wem ist die Bedeutung des Nucleolus als Samendrüse so gut als zurückgewiesen worden, indem die einzige auf Selbstbeobachtung gestützte Arbeit, die nach Stein's 1866 erschienenen II. Band über diesen Gegenstand publicirt wurde, meine 1873 erschienene kleine Abhandlung ist, welche Claus doch unbekannt blieb?

So haben denn sowohl Häckel wie Claus, da sie natürlich über die Bedeutung der so höchst merkwürdigen Entwicklung und Umbildungen der Nucleoli ganz im Unklaren waren, sich mit keinem Wort über deren morphologische Bedeutung geäussert, sondern sie bei den Schlüssen, welche sie hinsichtlich der morphologischen Bedeutung der Infusorien zogen, vollständig ignorirt.

Ein Verständniss der Bedeutung der Nucleoli der Infusorien konnte aber auch erst angebahnt werden, als man auf die merkwürdigen Umbildungen aufmerksam wurde, welche die echten Kerne vieler Zellen während der Theilung erleiden. Ich brauche hier nicht nochmals auf eine Schilderung dieser Vorgänge einzugehen, welche ich im speciellen Theil schon näher beschrieben habe; ein Blick auf die verschiedenen Tafeln wird lehren, dass die Uebereinstimmung zwischen den in Theilung befindlichen Kernspindeln und den aus den Nucleoli hervorgehenden, vermeintlichen Samenkapseln der Infusorien in manchen Fällen eine völlige ist (vergl. namentl. Taf. XII. Figg. 7 u. 8 etc.), dass jedoch in allen Fällen die Bauweise dieser Gebilde nach einem und demselben Princip mit verschiedenen quantitativen Variationen durchgeführt ist. Vergleichen wir

ferner die Art und Weise des eigentlichen Theilungsvorganges der Kernspindel und der Samenkapsel, so finden wir völlige Uebereinstimmung mit dem einzigen Unterschied, dass die aus der Theilung hervorgehende Samenkapsel der Infusorien den Bau der mütterlichen Kapsel beibehält, während bei der Theilung der Kernspindel die Tochterkerne sich sogleich wieder in die, dem Mutterkern vor seiner Umwandlung eigenthümliche Form rückbilden oder umwandeln, wie man will. Da ich späterhin auf eine Besprechung der Theilungsvorgänge der Kerne im Allgemeinen zurückkommen werde, so führe ich den Vergleich hier nicht näher aus, da ich auch die Versicherung habe, dass sich dem Leser die Ueberzeugung von der Identität der Nucleoli der Infusorien mit ächten Zellkernen schon bei der Durchsicht der Ergebnisse der Beobachtungen eingeprägt hat.

Eine nothwendige Folge dieser Erkenntniss ist nun einmal, dass die sinnlos gewordene Bezeichnung der kleinen Kerne der Infusorien als Nucleoli nicht beibehalten werden kann; ich schlage daher vor, die ehemaligen Nucleoli künftighin als primäre, die seitherigen Nuclei hingegen als secundäre Kerne zu bezeichnen. Es liesse sich auch die einfachere Bezeichnung Neben- und Hauptkerne anwenden, doch scheint mir diese mehr wie die zuerst vorgeschlagene eine Meinung hinsichtlich der Bedeutung beider Kernformen auszusprechen, was ich vorerst vermeiden möchte.

Mit dieser Erkenntniss des Wesens der sogenannten Nucleoli ist jedoch auch die, von Balbiani und Stein mit so vieler Beredsamkeit entwickelte Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung definitiv zu Grabe getragen worden. Dass der faserig differenzirte Inhalt der sogenannten Samenkapseln nicht zur Befruchtung von irgend etwas verwandt wird, folgt aus der bei einigen Infusorien mit Sicherheit ermittelten ferneren Um- resp. Rückbildung derselben.

Ich brauche daher auch nicht auf eine nähere Erörterung der von Balbiani und Stein entwickelten Anschauungen über dasjenige, was durch die vermeintlichen Spermatozoën befruchtet wird und wann diese Befruchtung stattfindet, einzugehen. Ich habe bei den zahlreichen Infusorien, welche ich während und nach der Conjugation untersuchte, nie weder im secundärem Nucleus, noch im Plasma des Thieres selbst, etwas gesehen, was sich von den Faserbildungen der sogenannten Samenkapseln hätte herleiten lassen. Auch habe ich in den conjugirten Thieren bis jetzt zu keiner Zeit etwas von den Fädchen und Stäbchen wahrgenommen, die zuerst 1856 bei Joh. Müller den Gedanken an eine geschlechtliche Fortpflanzung unserer Thiere erweckten.

Diese mit Stäbchen erfüllten Nuclei habe ich aber bei *P. Aurelia* dennoch angetroffen und mich mit Balbiani (66; pag. 509) von ihrer parasitischen, pflanzlichen Natur überzeugt.

Ich fand solche Thiere mit einem von Stäbchen dicht erfüllten Nucleus in einem stark riechenden, sehr verdorbenen Wasser. Auch die Thiere selbst hatten ein krankhaftes Aussehen, da sich in ihrem Endoplasma grosse, schon mit der Loupe sichtbare Vacuolen gebildet hatten, die den Kern selbst häufig ganz zur Seite drängten. Der isolirte, voll feiner dunkeler Stäbchen steckende Kern, platzte schon durch sehr leichten Druck und ergoss seinen zum grössten Theil flüssigen Inhalt in das umgebende Wasser. Die Grösse der Stäbchen ist sehr verschieden, es finden sich sehr kurze bis sechsmal längere (Taf. XIV. Fig. 9). Die kleineren erscheinen homogen, blass und matt, an den grösseren hingegen ist häufig das eine Ende ganz dunkel und glänzend. Diese Umwandlung scheint allmälig fortzuschreiten, bis schliesslich das ganze Stäbchen dunkel und glänzend geworden ist. Ich muss Balbiani darin beistimmen, dass die Stäbchen sich durch Theilung vermehren, indem ich eine ganze Anzahl Bilder sah, die unzweifelhaft auf einen solchen Vermehrungsprocess hindeuteten und zwar sowohl an blassen, als auch an gänzlich dunkelglänzenden Stäbchen. Unter diesen zerstreut fanden sich auch zahlreiche sehr feine, geschlängelte Fäden, von deren etwaigem Zusammenhang mit den Stäbchen ich nichts finden konnte. Letztere zeigten eine schwache, wackelnde Bewegung, über deren Natur ich nicht zu einem sicheren Schluss gelangte.

Als eine Erläuterung zu diesen parasitischen Bildungen im Nucleus von *P. Aurelia*, will ich noch ähnliche Gebilde, welche sich massenhaft in einer Anzahl Exemplare eines grossen freilebenden Nematoden, des *Tylenchus pellucidus* Bast., fanden, kurz beschreiben. Diese parasitischen Organismen füllten die Leibeshöhle unserer Thiere in dichten Massen an; der eigentliche Sitz ihrer Entwicklung schien jedoch die sogenannte Markschicht der Muskelzellen zu sein, in welcher sie sich gleichfalls in grossen Mengen vorfanden. Die Formen dieser Körperchen sind etwas verschieden (Taf. XIV. Fig. 8). Einmal finden sich sehr kleine, gewöhnlich längliche bis spindelförmige, selten rundliche, von blassem, homogenem Aussehen, innerhalb welcher gewöhnlich einige dunkelglänzende Körner neben oder hintereinander liegen. Die grösseren dieser Körperchen sah ich häufig in Vermehrung durch Theilung oder vielmehr eine Art Sprossung, ähnlich der der Hefezellen begriffen, indem sich gleichzeitig zwei Sprösslinge von einem Körperchen entwickelten. Diese kleinen Körperchen gehen allmälig in grössere über, welche sich durch eine langgestreckte, nagelförmige Gestalt auszeichnen, da sie gewöhnlich von einem Ende nach dem anderen allmälig anschwellen. Innerhalb dieser noch blassen, nagelförmigen Körperchen tritt nun allmälig immer deutlicher ein ihre gesammte Länge durchziehendes, dunkeles Stäbchen auf, zu dessen Bildung die früheren dunkelen Körner verwendet zu werden scheinen. Um dieses Stäbchen bemerkt man noch die Umrisse des eigentlichen Körperchens als schwache Schatten.

Diese unzweifelhaft parasitischen, zu den Schizomyceten gehörigen Bildungen des *Trilobus* scheinen mir eine so grosse Analogie mit denen des *P. Aurelia* zu besitzen, dass schon deshalb die parasitische Natur dieser letzteren nicht zweifelhaft erscheinen kann; auch letztere gehören sonder Zweifel zu den Schizomyceten. Aehnliche Parasiten finden sich zuweilen auch in dem Nucleolus mancher Infusorien, der hierdurch gewöhnlich sehr vergrössert wird. Man vergleiche hierüber die Mittheilungen Lieberkühn's,*) Balbiani's (66) und namentlich Kölliker's (92), der bei *P. Aurelia* solche inficirte und sehr vergrösserte Nucleoli beobachtete, welche sich dennoch in ziemlich normaler Weise theilten.

In neuerer Zeit hat Greeff (73; pag. 215) bei *Epistylis flavicans* Ehrbg. häufig den Nucleus sehr verdickt und verkürzt und ganz erfüllt mit haarförmigen, etwas sichelförmig gekrümmten Stäbchen angetroffen.**) Eine kleine Unrichtigkeit ist es auch hier wieder, wenn er weiterhin sagt, dass derartige Stäbchen im Nucleus und Nucleolus mancher Infusorien gefunden und von Stein und Balbiani für Spermatozoidien erklärt worden seien. Sowohl Balbiani wie Stein waren sich des Unterschiedes zwischen den Fasern der im Laufe der Conjugation sich metamorphosirenden Nucleoli und den parasitischen Stäbchen des Nucleus wohl bewusst und keiner von ihnen hat jemals vermuthet, dass die regelmässige Entwicklung des Nucleolus das Product parasitischer Bildungen sein könnte. Greeff wagt es nicht, diese Stäbchen des Nucleus von *Epistylis flavicans* mit Sicherheit als Zoospermien anzusprechen, kann jedoch auch andererseits nicht der Vermuthung Raum geben, dass dieselben parasitischer Natur seien. Er hat nun ferner auch Thiere gefunden, deren Nucleus zwar die gewöhnliche Hufeisenform, jedoch eine Menge kleiner, kernartiger Einschlüsse besass; er glaubt daher, dass es sehr verlockend sei »die Ansicht auszusprechen und sie würde sich durch manche Analogien mit anderen Beobachtungen stützen lassen, dass die oben beschriebenen Erscheinungen im Nucleus mit den spermatozoiden-ähnlichen Gebilden im Nucleus anderer Individuen desselben Stockes in Verbindung ständen, mit anderen Worten, dass wir hier einer geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien gegenüberstehen.« Die Analogien mit anderen Beobachtungen, welche Greeff hier im Auge hat, sind nun ohne Zweifel die von Carter und späterhin auch ihm selbst angestellten Beobachtungen über die Fortpflanzung der Amöben. Auf wie lückenhafter Grundlage jedoch diese vermeintliche, vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung der Amöben und anderer

*) Monatsberichte der Königl. preuss. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1856.

**) Ich fand bei *Epistylis flavicans* die Nucleusmasse recht häufig sehr schön faserig differenzirt, ein Verhalten, wie es sich bei anderen Vorticellinen nur während der Theilung findet. Ich glaube jedoch kaum, dass es ähnliche Bildungen waren, die Greeff vorlagen.

Rhizopoden (*Difflugia* nach Carter) beruht, ist vor kurzer Zeit sehr richtig von R. Hertwig (77; pag. 17) gezeigt worden. Gegenüber diesen Beobachtungen, die ihrerseits zum Theil wohl auch durch die vermeintliche Fortpflanzung der Infusorien durch vom Nucleus gebildete Embryonen beeinflusst worden waren, gründete sich die jetzt definitiv widerlegte Theorie von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Ciliaten doch auf eine viel sicherere Basis, wozu noch kam, dass die Fortpflanzung der Ciliaten durch Embryonen so bestimmt nachgewiesen schien.

Ohne hier leugnen zu wollen, dass bei Amöben und Rhizopoden nicht möglicherweise eine Fortpflanzung durch endogen erzeugte Sprösslinge vorkommen könne, so dürfte doch mit grosser Sicherheit zu vermuthen sein, dass eine Fortpflanzung durch aus dem Nucleus hervorgegangenen Brut nicht statt hat, da hierdurch, bei der nachweislichen Identität der Nuclei der Rhizopoden mit denen echter Zellen, unsere gesammten Erfahrungen über das Wesen der Zelle auf den Kopf gestellt würden; jedenfalls müsste aber ein derartiger Vorgang in einer absolut sicheren Form nachgewiesen sein, um Vertrauen zu verdienen.

Greeff (83) hat in neuester Zeit auch bei der von ihm entdeckten *Pelomyxa palustris* eine von den Kernen ausgehende Fortpflanzungsweise beschrieben. In den zahlreichen Kernen dieses Rhizopoden sollen sich dunkele Körner erzeugen, die schliesslich durch Platzen der Kerne entleert werden und nun die Anfänge der sogenannten Glanzkörper darstellen. Letztere wachsen später sehr an, vermehren sich durch Theilung und gehen schliesslich in die Zoosporen der *Pelomyxa* über.

Im Laufe des Frühjahrs 1875 war es mir vergönnt, einige Exemplare der *Pelomyxa* in einer Torfgrube hiesiger Gegend aufzufinden und zu studiren. Die erhaltenen Resultate sprechen in gewisser Hinsicht für, in anderer gegen die Greeff'sche Auffassung. Einmal habe ich mich durch nichts davon zu überzeugen vermocht, dass die sogenannten Glanzkörper*) aus den dunkelen Körnern der Kerne hervorgehen. Dagegen machte ich eine Beobachtung, welche es sehr wahrscheinlich erscheinen lässt, dass die Glanzkörper wirklich die Sporen der *Pelomyxa* sind, oder dass diese letzteren vielmehr durch Differenzirung derselben hervorgehen.

In einigen Thieren fand ich nämlich die Glanzkörper zum Theil ganz blass, nicht mehr dunkelglänzend und von einer derben, ziemlich weit abstehenden Hülle umgeben. Innerhalb der blassen und etwas körnigen Masse des Glanzkörpers war ein deutlicher, sehr heller Kern sichtbar. Ein anderes Thier zeigte gar keine grösseren Glanzkörper, sondern zahlreiche derartige Sporen, die hier zum Theil noch ein merkwürdiges Verhalten aufwiesen. Ihre derbe Hülle

*) Vergl. hierüber auch F. E. Schulze (85).

war nämlich nicht abgerundet, sondern ziemlich regelmässig polygonal, häufig ganz regulär hexagonal gestaltet. Innerhalb der Hülle lag auch hier ein, den Binnenraum derselben nicht ausfüllender Protoplasmakörper mit häufig sehr deutlichem, hellem Kern.

Ich hoffte die weitere Entwicklung solcher Sporen vielleicht verfolgen zu können und beobachtete daher eine Anzahl isolirter mehrere Tage lang, ohne jedoch ein Ausschlüpfen aus der Hülle oder sonst eine bemerkenswerthe Veränderung constatiren zu können.

Wenn ich es daher auch für sehr wahrscheinlich halte, dass die Glanzkörper der *Pelomyxa* wirklich deren Fortpflanzungskörper sind, so kann ich es doch keineswegs für erwiesen, noch für annehmbar erachten, dass dieselben aus den Kernen hervorgehen, sondern sie entstehen sehr wahrscheinlich frei im Protoplasma des Thieres.

8. Abschnitt. Ueber die morphologische Auffassung der Infusorien. *)

Es wäre eine überflüssige Mühe, wollte ich hier noch einmal die gesammten Wandlungen, welche die Auffassung des Infusorienorganismus im Laufe unseres Jahrhunderts widerfahren hat, darlegen, ich kann dies um so mehr unterlassen, als sowohl Häckel wie Claus, in den einleitenden Worten zu ihren Betrachtungen über die morphologische Werthigkeit unserer Thiere, die früheren Ansichten ziemlich eingehend besprachen.

Balbiani steht ungefähr auf demselben Standpunkt wie Claparède und Lachmann, d. h. er hält die Infusorien für hochentwickelte coelenteraten- oder wurmähnliche Organismen. Stein's Standpunkt hingegen, der sich nicht durch besondere Klarheit auszeichnet, wird am besten durch seine schon mehrfach citirten Worte bezeichnet (68; pag. 22): »Die Infusorien sind in Bezug auf ihren Ursprung entschieden einzellige Thiere**) und wenn man diese Bezeichnung nur in diesem Sinne gebrauchte, so würde ich dieselbe durchaus gerechtfertigt finden, ja sie würde sich sogar ungemein empfehlen, weil sie den fundamentalsten Unterschied der Infusionsthiere von den ausserhalb des Protozoënkreises stehenden Thieren, die ihrer ersten Anlage nach mehrzellige Organismen sind, sehr prägnant ausdrückt. Die ausgebildeten Infusionsthiere aber wird man immer Anstand nehmen müssen als einzellige Organismen zu bezeichnen, denn sie sind nicht blos einfach fortgewachsene Zellen, sondern der ursprüngliche Zellenbau hat einer wesentlich anderen Organisation Platz gemacht, die der Zelle als solcher durchaus fremd ist.« Dieser letzte Satz ist nun nicht recht klar, soll dadurch gesagt sein, dass der Bau der ausgebildeten Infusionsthiere mit dem Begriff der Zelle überhaupt unvereinbar sei, oder

*) Die unter dieser Aufschrift anzustellenden Betrachtungen beziehen sich nur auf die ciliaten Infusorien.

**) Dasselbe liesse sich zwar heutzutage wohl ohne ernstlichen Widerspruch von allen Thieren behaupten.

nur, dass sich bei diesen ersteren solche Differenzirungen eingestellt haben, wie wir sie bei gewöhnlichen Zellen sonst nicht kennen. Jedenfalls hätte Stein seinen Standpunkt dadurch genauer feststellen sollen, dass er angegeben hätte, welchen morphologischen Werth er dem Infusorienorganismus denn beilege, wenn er Anstand nehme, ihn als einen Einzelligen aufzufassen.

Häckel, welcher schon in seiner Monographie der Radiolarien die Vielzelligkeit der ciliaten Infusorien vertheidigte, späterhin 1866*) dieselben als Ausgangspunkt seines Stammes der Gliederthiere bezeichnete und in näherer Ausführung bemerkt, dass aus denselben sich wohl zunächst die Turbellarien entwickelt zu haben schienen, fernerhin jedoch noch die Angabe macht,**) dass die Rotatorien durch ihre tiefsten Formen selbst noch mit den Infusorien verbunden seien, wurde dann 1873 zu einem energischen Anhänger der Einzelligkeitslehre (81).

Dass die Infusorien jedoch im Verein mit den verwandten nichtzelligen Organismen, die nach ihrem Gesammtverhalten sich dem physiologischen Begriff der Thierheit anschliessen, im Gegensatz zu allen übrigen zelligen Thieren eine besondere Abtheilung der Protozoën zu bilden hätten, war trotz den Anstrengungen, welche Claparède, Lachmann und Andere machten, um diese Ansicht umzustossen, von einer nicht kleinen Zahl der namhaftesten Forscher anerkannt worden, wie ein Blick in die zoologischen Lehrbücher des letzen Deceniums beweisst. Forscher wie Siebold, Kölliker, Leuckart, Gegenbauer, Claus und im Grunde genommen auch Stein hatten sich stets in dieser Hinsicht ausgesprochen.

Dass sämmtliche Organisationseigenthümlichkeiten der ciliaten Infusorien (mit Ausnahme des Nucleus), wie sie uns in mannigfaltigster Entwicklung in der grossen Reihe verschiedener Formen entgegentreten, mit den Attributen einfacher Zellen vereinbar seien, wie vor langer Zeit schon Siebold***) zeigte, haben in neuerer Zeit wieder Kölliker,†) Claus††) und M. Schultze†††) anerkannt.*†)

---

*) Generelle Morphologie. Bd. II. pag. LXXVIII.

**) l. c. pag. LXXXV.

***) Lehrbuch der vergl. Anatomie. Bd. I. 1848. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. II.

†) Icones histiologicae. Bd. 1. 1864.

††) Ueber die Grenzen des thierischen und pflanzlichen Lebens. Leipzig 1869.

†††) Ueber die Gattung *Cornuspira* unter den *Monothalamien*. Archiv für Naturgesch. 1869. I. pag. 306.

*†) Ich hatte für mich schon im Voraus die Möglichkeit erörtert, dass sich bei einem Infusor sogar ein Darmkanal, d. h. eine mit zwei Mündungen in die Aussenwelt führende, verdichtete Röhre des Endoplasma's, finden könnte, ohne dass hierdurch die einfache Zellennatur der Infusorien in Frage gestellt würde. Ich war daher auch nicht überrascht, als ich nachträglich Gelegenheit fand, die Balbiani'sche Arbeit über *Didinium nasutum* (101; pag. 376) zu studiren, bei welchem interessanten Infusor, das ich in letzterer Zeit auch in hiesiger Gegend fand, wirklich ein derartig beschaffener Zellendarm vorhanden sein soll. Für gewöhnlich erscheint derselbe nach Balbiani ganz collabirt und öffnet sich nur beim Eintritt der Nahrung.

Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass die Infusorien von einer Reihe von Zoologen stets als nicht mehrzellige Thiere in einen scharfen Gegensatz zu den höherstehenden Thieren gebracht wurden.

Etwas anders stellte sich die Frage, ob man unsere Organismen einer Zelle völlig gleichwerthig zu erachten habe. Vorerst übte einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Unsicherheit hinsichtlich der Entscheidung dieses Punktes die Schwierigkeit, über den Begriff einer Zelle überhaupt in's Klare zu kommen. Die Form, in welcher die Zelle entwickelter Gewebe sich gewöhnlich präsentirt, ist eine sehr charakteristische, wiewohl keineswegs constante. Der innerhalb der Zelle so constant vorhandene, als Zellenkern bezeichnete Körper, schien von so hoher Bedeutung für das Wesen der Zelle zu sein, dass die meisten Forscher sein Vorhandensein als eine nothwendige Eigenschaft des als Zelle zu bezeichnenden Elementarorganismus festzuhalten müssen glaubten, ja, den Begriff der Einzelligkeit so einzuschränken für nöthig hielten, dass er sich mit dem der Einkernigkeit deckte.

Andererseits fehlte es jedoch auch nicht an solchen, die eine weitere Fassung des Zellenbegriffs für einen naturgemässeren Ausdruck der thatsächlichen Verhältnisse hielten und daher auch kernlose Elementarorganismen unter den Begriff der Zelle aufnahmen. Es hängt diese Unsicherheit, wie ich in dem dieser Arbeit vorausgeschickten Vorwort anzudeuten versucht habe, zum grossen Theil damit zusammen, dass man die rein morphologische Betrachtungsweise auch da anwenden zu dürfen glaubte, wo sie zur Aufstellung klarer Begriffe nicht mehr dienen konnte.

Eine besondere Schwierigkeit für die Beurtheilung des Infusorienorganismus lag nun aber darin, dass derselbe wirklich gewisse Inhaltskörper enthielt, welche sehr zu einer Vergleichung mit den Kernen echter Zellen verlockten, ohne jedoch auf der anderen Seite sich dem Begriff des Zellenkern's, wie er von den Gewebezellen höherer Thiere abstrahirt worden war, in allen Stücken unterordnen zu wollen. Leider war nun dieser Begriff des Zellenkerns ein noch viel vagerer als der der Zelle selbst, er beschränkte sich auf das Vorhandensein gewisser, sehr schwankender Structureigenthümlichkeiten und die Rolle, welche demselben, wiewohl nicht von allen Seiten in gleicher Weise, bei der Vermehrung der Zelle zugeschrieben wurde. Dagegen hatte sich bei keiner echten Zelle jemals nur eine Thatsache ermitteln lassen, welche es wahrscheinlich gemacht hätte, dass dieser Zellkern die Bedeutung eines Fortpflanzungsorgans habe, welches aus sich selbst echte Zellen zu erzeugen im Stande gewesen wäre.

Gerade diese Eigenthümlichkeit musste jedoch als die bezeichnendste Eigenschaft des sogenannten Nucleus der Infusorien betrachtet werden, wie dies z. B. höchst klar aus den

nachfolgenden Worten Stein's hervorgeht: »Wie sehr auch augenblicklich die Ansichten über die geschlechtliche Fortpflanzung der Infusionsthiere auseinander gehen mögen, darüber sind doch alle Forscher, welche sich mit diesem Gegenstand speciell beschäftigt haben, einig, dass die erste Anlage zu einem neuen Individuum von einem Theilstück des Nucleus gebildet wird, welches entweder sogleich in Form einer Zelle aus dem Nucleus hervorgeht, oder doch bald nachher diese Form annimmt, indem es sich zu einer lichten, von einer structurlosen Membran begrenzten Protoplasmakugel gestaltet, welche einen opakeren, centralen Kern einschliesst« (68; p. 21).*) Wie war nun, wenn man an einer Vergleichung des Zellkerns mit dem Kern der Infusorien festhielt, dieser Zwiespalt zu lösen? Entweder musste man den Begriff des Zellkerns erweitern, indem man ihm eben die Eigenschaft, unter gewissen Umständen völlige Zellen zu erzeugen, zuschrieb, wie dies denn auch in der That von Kölliker (92) und neuerdings Auerbach (17) geschah; andererseits konnte man jedoch auch die Beobachtungen, auf welche sich die Ansichten über die Fortpflanzung der Infusorien durch aus dem Nucleus hervorgehende Sprösslinge stützten, als unrichtig betrachten und dies letztere geschah von Häckel. Er geht jedoch auf diese fundamentale Frage nur mit drei Worten ein, indem er sagt (81; p. 551): »Eine zweite Reihe von Fortpflanzungserscheinungen der Ciliaten möchte ich als Sporenbildung bezeichnen. Ich fasse unter dem Begriff jene Fälle zusammen, in denen (ohne vorhergehende »Befruchtung«) der Nucleus ganz oder theilweise in zahlreiche Stücke zerfällt und jedes dieser Stücke (wahrscheinlich durch Umhüllung mit einem entsprechenden Stück des Protoplasma's des Mutterthieres) sich zu einer selbstständigen Zelle, einer sogenannten Keimkugel gestaltet.« Ich habe schon in meiner vorläufigen Mittheilung (79)

---

*) v. Siebold, einer der Hauptbegründer und Vertheidiger der Einzelligkeitslehre der Infusorien und Rhizopoden, hat doch wohl auch zu der Auffassung des Nucleus als Fortpflanzungsorgan den Grund gelegt. Am Schlusse der Beschreibung des Infusorienbaues bemerkt er in seinem Lehrbuch der vergl. Anatomie, anschliessend an den Encystirungsprocess bei *Euglena viridis*, in einer Anmerkung pag. 25: »Vielleicht entwickelt sich dieser Kern, dem der Infusorienleib nur als einstweilige Hülle gedient hat, späterhin zu einem besonderen Thier und es sind am Ende alle Individuen der *Euglena viridis* und noch vieler anderer Infusionsthiere, nur die Larven von anderen Thieren, deren vollständige Metamorphose bis jetzt noch nicht erkannt wurde. Man möchte fast in Versuchung kommen zu fragen, ob nicht der Kern der Infusorien zu dem Körper, der ihn einschliesst, dieselbe Beziehung und Bedeutung habe, wie die schlauchartigen Larven zu den sie umhüllenden infusorienartigen Embryonenleibern des *Monostomum mutabile?*« Schon im folgenden Jahre nach dem Erscheinen des v. Siebold'schen Lehrbuchs glaubte denn auch Stein dieses Verhältniss des Nucleus zu dem Infusorienleib bei den Acineten gefunden zu haben und dass der oben citirte Ausspruch v. Siebold's seine Wirkung auf Stein nicht verfehlte, geht mit Sicherheit aus der Art und Weise hervor, wie er denselben in seiner »Entwicklungsgeschichte der Infusionsthiere« bespricht (Vergl. 60; pag. 4).

mir die Bemerkung erlaubt, dass ich in der von Häckel eingeschlagenen Art der Behandlung dieser Frage, nicht eine Lösung sondern eine Verwirrung erkennen muss. Jeder an diesem Punkt angelangte Kritiker musste sich sagen, dass bei so grosser Uebereinstimmung der verschiedenen Forscher hinsichtlich der Entstehung der Sporen oder Keimkugeln aus dem Nucleus und zwar allein aus diesem, nur erneute Beobachtung die Stützen für eine derartige Beiseitesetzung der früheren Ergebnisse hätte liefern können, am allerwenigsten aber eine derartige Annahme zur Grundlage von Betrachtungen über die Morphologie der Infusorien gemacht zu werden verdiene. Es kann daher auch nicht zweifelhaft erscheinen, dass Häckel in keiner Weise die Uebereinstimmung des Nucleus der Infusorien mit einem ächten Zellkern nachzuweisen vermochte und hiermit allein schon erscheint das Resultat seiner Betrachtungen, nämlich der Nachweis der Einzelligkeit der Infusorien, als keineswegs begründet.

Eine dritte Betrachtungsweise, die den Beobachtungen gleichzeitig gerechter wurde, wäre jedoch die gewesen, dem Nucleus der Infusorien die Eigenschaften eines Zellkerns überhaupt abzusprechen und diesen Weg hat Claus eingeschlagen.*) Er sagt: »Entweder ist der sogenannte Nucleus der ursprüngliche Kern nebst einer Partie Protoplasma, also ein Theil der Zelle, oder er ist eine endogen erzeugte Zelle und verhält sich zum Infusor ähnlich wie das sogenannte Keimbläschen, worüber spätere Untersuchungen Aufschluss geben werden; jedenfalls kann er nach dem bisher bekannten nicht im Sinne v. Siebold's einfach als Zellkern betrachtet werden« (82; p. 35). Unter dem Keimbläschen ist hier das Ei im Embryosack der Phanerogamen gemeint. In der dritten Auflage seines Lehrbuchs bemerkt er p. 174 »dennoch ist es unrichtig die Infusorien als einzellig zu bezeichnen, da die als Nuclei bezeichneten und zur Fortpflanzung dienenden Gebilde weder überall in einfacher Zahl auftreten, noch auch genau dem Kern einer Zelle entsprechen, vielmehr als Erzeuger von Keimkugeln und Schwärmsprösslingen, selbst die Bedeutung einer Tochterzelle haben.« Wenn aber die Nuclei selbst die Bedeutung einer Tochterzelle haben, so entsprechen sie eben auch nicht nur nicht genau einem Zellkern, sondern sie entsprechen dann einem solchen

*) Huxley hat neuerdings vorgeschlagen, den Nucleus der Infusorien den Endoplast und den Nucleolus Endoplastula zu nennen, ein Vorschlag, der nach erlangter besserer Einsicht in die Bedeutung dieser Theile des Infusorienkörpers natürlich hinfällig wird. Hinsichtlich der Bedeutung seines Endoplast's und Endoplastula's ist er natürlich ebenfalls ganz unsicher. Er sagt pag. 204: »That the endoplast itself is a reproductive organ is clear; but the development of embryos by its fission is an argument rather against, than in favour of identifying it with the nucleus of a cell.« Gleich darauf aber scheint er doch wieder sehr geneigt zu sein, den Endoplast mit einem Zellkern zu identificiren. Vergl. »On the classific. of the animal kingdom«. Journ. of Lin. soc. Zool. Vol. XII. p. 199.

ganz und gar nicht. Diese Consequenz vollkommen durchzuführen war jedoch Claus, wie es scheint, nicht recht geneigt.

Um dies zu zeigen, müssen wir jedoch den anderen Weg, welchen sowohl Häckel wie Claus eingeschlagen haben, um zur richtigen Beurtheilung des Infusorienorganismus zu gelangen, etwas näher betrachten. Sie gehen dabei nämlich von der Entwicklungsgeschichte aus. Diese sollte aber nach den Beobachtungen Balbiani's und Stein's entweder durch Ablage von Eiern (Keimkugeln Stein's) oder nach Stein durch Embryonalkugeln, die sich aus den Keimkugeln entwickelten und ihrerseits wieder Embryonen erzeugten, geschehen. Diese Keim- und Embryonalkugeln sollen nun nach Häckel und Claus alle Attribute einer echten Zelle besitzen. Letzteres galt jedoch nur in sehr beschränktem Sinne von den sogenannten Eiern Balbiani's und den Keimkugeln Stein's, wie sich aus dem Studium der betreffenden Arbeiten hätte ergeben müssen und worauf ich früherhin schon mehrfach aufmerksam gemacht habe. Was nun ferner die Entwicklung dieser vermeintlichen Eier oder Keimkugeln nach ihrer Ablage betraf, so war darüber auch nicht das Geringste bekannt.

Es blieben also mit Sicherheit als zellenartige Fortpflanzungskörper nur die sogenannten Embryonalkugeln übrig, und auf diese beziehen sich denn auch die Angaben von Häckel und Claus ausschliesslich. Aus diesen gehen nun nach Stein durch Theilung und äussere oder innere Sprossung die Embryonen der Infusorien hervor. Der Bau dieser Embryonen nun sollte entschieden einzellig sein und da sich aus ihnen die ausgebildeten Infusorien ohne Furchung entwickelten, so hätten also diese nach Häckel auch nur den Formwerth der Embryonen, d. h. einfacher Zellen.

Diesem anfänglich sehr einleuchtenden Schluss standen jedoch bei näherer Betrachtung sehr gewichtige Bedenken gegenüber. Einmal hatte Balbiani sich sehr entschieden dagegen ausgesprochen, dass die vermeintlichen Embryonen in den Fortpflanzungskreis der Infusorien gehörten und es auch schon für einige Fälle sehr wahrscheinlich gemacht, dass dieselben parasitische Acineten seien. Die Natur dieser acinetenartigen Embryonen musste daher sehr zweifelhaft erscheinen; das Studium der Schriften Stein's musste es jedoch darlegen, dass auch die Embryonen der Vorticellinen sich in vielen Beziehungen den erstgenannten so innig anschliessen, dass bei ihrer Beurtheilung jedenfalls Vorsicht geboten war.

Nur finden wir bei Häckel nicht die geringste Andeutung, dass die Natur dieser Embryonen nur im mindesten zweifelhaft sei.

Claus hingegen hatte die Ueberzeugung, dass die Beziehung der acinetenartigen Sprösslinge auf parasitische Acineten sehr wahrscheinlich sei. Dennoch scheint es ihm auch voll-

kommen berechtigt, bei der Deutung des Infusorienbaues von dem sogenannten Ei, Embryo oder schwärmenden Sprössling auszugehen und mit Stein die Infusorien in Bezug auf ihren Ursprung entschieden einzellige Thiere zu nennen (l. c. p. 30). Weiter unten bemerkt er, dass der echte Kern des jugendlichen Stadiums morphologisch dem sogenannten Nucleus des fertigen Infusors nicht vollständig entspreche. Nun wird man aber fragen, warum nicht? denn in seinem Bau ist nicht der geringste Unterschied zwischen diesem Kern der Embryonen und dem vieler erwachsenen Infusorien zu finden. Es kann dies also nur deshalb der Fall sein, weil eben der Kern des ausgebildeten Infusors, wegen der von ihm ausgehenden Fortpflanzung, den Werth einer Tochterzelle haben soll, der des Embryo hingegen den eines Zellkerns. Die natürliche Consequenz wäre nun gewesen, auch dem Nucleus des Embryo die Bedeutung einer Tochterzelle beizulegen; da Claus dies jedoch nicht thut, so kommt er zu der etwas unklaren Vorstellung, bei der Entwicklung des Infusors eine allmälige Umbildung des ursprünglichen, echten Zellkerns zu einer Tochterzelle anzunehmen und befand sich hiermit doch eigentlich wieder sehr nahe dem Standpunkt Kölliker's, gegen den er polemisirt. Letzterer hatte nämlich gesagt, dass der ursprüngliche Kern des Embryo oder der weiblichen Geschlechtszelle (Nucleus) des Mutterthieres sich schliesslich selbst wieder zu einer weiblichen Geschlechtszelle umbilde.

Hier bot sich eben wieder eine grosse Lücke in den Beobachtungen, welche Claus leicht durch eine Annahme: dass der ursprüngliche Kern des Embryo sich mit Protoplasma umhülle, von welchem man jedoch am Nucleus der Infusorien kaum jemals etwas zu bemerken im Stande ist, ausfüllen konnte. Nach der Claus'schen Auffassung des Infusorienbaues stellte sich dann fernerhin die merkwürdige Erscheinung heraus, dass sich Zellkerne in den reifen Formen dieser Organismen gar nicht finden.

Für Häckel bestand die letztbesprochene Schwierigkeit nicht, da er den Nucleus des Embryo und des ausgebildeten Infusors glattweg für identisch erklärt; er sagt in dieser Beziehung: »Wir gehen von der feststehenden Thatsache aus, dass sich dieser Nucleus in den Sporen (Keimkugeln) und den daraus unmittelbar entstandenen jungen Ciliaten durchaus wie ein gewöhnlicher Zellkern verhält und auch bei der später eintretenden Differenzirung keinerlei Veränderungen erfährt, welche der Auffassung des ganzen Organismus als einfacher Zelle widersprechen« (p. 549).

Da nun aber noch Niemand die Entwicklung dieser vermeintlichen Embryonen der Ciliaten auch nur um einen kleinen Schritt weiter verfolgt hatte, so scheint mir, war die obige Folgerung

Häckel's ganz unbegründet, ja, das vollkommene Dunkel, welches hinsichtlich der Weiterentwicklung der Embryonen der Ciliaten herrschte, hätte meiner Ansicht nach von jeder auf ihre vermeintliche Entwicklungsgeschichte gegründeten Schlussfolgerung zurückschrecken müssen. Niemand wusste, ob diese Embryonen, welche als eine Art Schwärmsprösslinge in einer von dem Mutterthier völlig abweichenden Gestalt erschienen, sich unter Beibehaltung ihrer einfachen Zellennatur direct in die Form ihrer Mutterthiere umwandelten. So sagt z. B. Stein: »Eine directe Metamorphose des Embryo's der Vorticellinen in die Gestalt des Mutterthieres musste bei der winzigen Grösse des Embryo ganz unzulässig erscheinen« (68; p. 139). Der Embryo hätte die verschiedensten Umwandlungen erleiden können, bevor er sich zum Mutterthier heranbildete, und was das Wichtigste ist, seinen ursprünglichen, einfachen Zellenbau hierbei völlig einbüssen können durch Verschmelzung von Schwärmern oder durch Zellvermehrung während eines ruhenden Zustands etc.

So wenig ich nun auch derartige Vorkommnisse für wahrscheinlich gehalten hätte, so habe ich sie dennoch angeführt, um zu zeigen, dass die vermeintliche Lösung des Problems des Infusorienorganismus mittels der Ontogenese auch wieder nur durch eine Annahme möglich war, welche die unausgefüllte Kluft zwischen den vermeintlichen Embryonen der Ciliaten und den ausgebildeten Thieren überbrückte. Der Schluss aber, welchen ich aus den vorstehenden Betrachtungen ziehen muss, ist, dass es weder Häckel noch Claus gelungen ist, die Frage nach der morphologischen Deutung des Infusorienorganismus ihrer Lösung näher zu rücken, sondern dass sie dieselbe auf dem nämlichen Stadium der Unklarheit liessen, die sie seit der letzten Publikation Stein's hatte. Die Lösung dieses Problems konnte eben nicht mit dem thatsächlich vorhandenen Material versucht werden, sondern liess sich nur durch neue Beobachtungen erwarten. Es handelte sich hierbei ziemlich einfach um die Bedeutung der Nuclei und Nucleoli und es war die Hoffnung vorhanden, hierüber durch die Untersuchung der Fortpflanzungserscheinungen ins Klare zu kommen.

In Anbetracht des so eigenthümlichen Baues des Nucleus der Infusionsthiere, der von dem der meisten Zellkerne so bedeutend abweicht, konnte aus der Beschaffenheit des normalen Nucleus kaum irgend ein sicherer Beweis für seine Natur gezogen werden, denn dass er sich z. B. stärker als das umgebende Plasma tingirt, dürfte doch nur wenig bedeuten, da sich dies zum Theil wenigstens schon durch seine grössere Dichte erklärt.

Dass er sich bei der Theilung des Infusors ebenfalls, nicht vorher, wie Häckel will, theilt, ist gleichfalls ohne Belang, da die Beziehungen des Zellkernes zur Theilung bis in die

neueste Zeit so wenig aufgeklärt waren, dass viele Beobachter jegliche Beziehungen dieser Art läugneten.

Aus den Beobachtungen über die Conjugation der Ciliaten folgt nun aber die Bedeutung des Nucleus einfach und sicher. Wir haben oben die Nucleoli als echte Zellkerne erkannt, an deren morphologischem Werth sich nicht zweifeln lässt, und haben nun, um die Bedeutung des Nucleus zu finden, uns nur daran zu erinnern, dass sich in den beiden am vollständigsten untersuchten Fällen, bei *P. Bursaria* und *Stylonichia Mytilus* nämlich, durch Auswachsen eines Nucleolus, eines echten Zellkernes, der Nucleus bildet. Wir haben also hier den sicheren Beweis zu liefern vermocht, dass der Nucleus nichts weiter als ein zu einer ansehnlichen Grösse herangewachsener und dabei in seiner Masse bestimmt modificirter Nucleolus, also gleichfalls ein echter Zellkern ist.

Eine weitere Bestätigung hat dieser Befund noch dadurch erfahren, dass sich die vermeintliche vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung, die im Verlaufe der Conjugation eintreten sollte, bei keinem der näher hierauf untersuchten Infusionsthiere constatiren liess, dass hingegen bei drei Arten der sichere Nachweis der parasitischen Natur der Embryonen gelang.

Ich glaube hier noch einmal besonders darauf aufmerksam machen zu müssen, dass man nicht die, nachweislich bei verschiedenen Infusorien nach stattgefundener Conjugation ausgeschiedenen Nucleuskugeln als Fortpflanzungskörper betrachten darf, da, wie ich bei *Stylonichia Mytilus* zeigte, dieselben sehr bald vergehen und mit Sicherheit sowohl bei Stylonichien wie Paramaecien constatirt werden konnte, dass sich keine junge Brut in dem Wasser entwickelt, in welches eine grosse Zahl von Thieren ihre vermeintlichen Eier abgelegt hatten. Es wäre jedenfalls auch eine sehr sonderbare Fortpflanzungsart, durch welche z. B. bei *Colpidium Colpoda* und *Glaucoma scintillans* je nur ein Ei bei jedem Fortpflanzungsact zur Entwicklung käme.

In neuester Zeit will jedoch Everts (74) einen vom Nucleus ausgehenden Fortpflanzungsprocess bei *Vorticella nebulifera* gefunden haben, der während der Encystirung vor sich gehe. Der Nucleus der encystirten Thiere soll durch Abschnürung in sechs bis zehn Kugeln zerfallen, welche alsbald frei im Innern der Cystenhülle umhertreiben. Schliesslich sollen diese Kugeln aus der Cystenhülle hervorgehen und sich nach einiger Zeit in ein der *Trichodina grandinella* Ehrbg entsprechendes Thier verwandeln, welches sich durch Theilung vermehrt, endlich festheftet, einen Stiel ausscheidet und in eine echte *Vorticella nebulifera* übergeht. Everts gibt an, diesen Prozess an einem und demselben aus der Cyste hervorgegangenen Kügelchen verfolgt zu haben, so dass vorerst kein Zweifel an der Richtigkeit der Beobachtung gestattet ist. Hingegen scheint es mir nicht erwiesen, dass die aus den Cysten

hervorgehenden Kügelchen wirklich die Theilstücke des Nucleus sind, wenigstens kann ich mir nicht erklären, wie sie sich dann frei in der Cystenhülle herumtreiben sollen; auch erhalten wir keine Mittheilung darüber, was mit dem Leib der encystirten Vorticelle geschieht, bleibt dieser noch in der Cyste bestehen oder geht er völlig zu Grunde. Mir scheint nach der Beschreibung Everts das Letztere der Fall zu sein, so dass ich deshalb sehr geneigt bin, seine Betheiligung an der Bildung der aus der Cyste austretenden Kugeln anzunehmen. Everts sagt hierüber: »Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die aus dem Nucleus hervorgehenden Kugeln durch Aufnahme von Stoffen aus dem Plasma wachsen, doch bin ich durch Messungen zu keinem bestimmten Resultat hierüber gekommen.« Ich glaube also auch durch diese Beobachtung Everts wird eine Fortpflanzung der Infusorien durch Theilstücke des Nucleus nicht erwiesen.

Eine vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung eigenthümlicher Art will auch Stein (68; pag. 56) bei *Euglena viridis* beobachtet haben; es sollen hier aus dem Nucleus eines und desselben Thieres eiförmige Körper und dann auch dünnhäutige, mit einer körnigen Brut erfüllte Säckchen hervorgehen. Die kurzen Bemerkungen, welche Stein jedoch über diesen Fortpflanzungsprocess macht, entziehen sich einer eingehenden Kritik; dennoch dürften diese an einem so kleinen Thier gemachten Beobachtungen noch mit viel grösserer Vorsicht aufzunehmen sein, als die Beobachtungen Stein's über die Fortpflanzung der ciliaten Infusorien, zumal über das Schicksal dieser vermeintlichen, aus dem Nucleus hervorgehenden Fortpflanzungskörper gar nichts mitgetheilt wird.

Ich kann also durch diese Beobachtungen nicht in meiner ausgesprochenen Ansicht wankend gemacht werden, dass nämlich eine vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung der Infusorien und Protozoën überhaupt, nicht erwiesen ist und, nach der jetzt sicher bekannten morphologischen Bedeutung des Nucleus zu urtheilen, auch mehr wie unwahrscheinlich ist.

Welche Auffassung soll nun der Infusorienorganismus in seiner Gesammtheit erhalten, den Werth einer oder mehrerer Zellen? Dies hängt einfach davon ab, welchen Werth man hinsichtlich des Zellenbegriffes dem Nucleus beilegt. Nimmt man mit Häckel an, dass nur der Nucleus die Individualität der Zelle bestimme, dass also ein Protoplasmakörper mit mehreren Kernen so vielen Zellen entspreche, als Kerne vorhanden sind, so würde die grosse Mehrzahl der Infusorien als mehrzellig zu bezeichnen sein; denn dass die meisten mehrkernig sind, folgt aus der Anwesenheit der primären Kerne (Nucleoli) neben dem Kern und dass sich solche primäre Kerne bei den meisten Infusionsthieren finden werden, wenn man nur anhaltend

genug darnach sucht, ist wegen der beständigen Zunahme unserer Kenntnisse über die Verbreitung dieser Körper wohl gewiss.

Dass es sich hier nur um einen Streit über Begriffe und Worte handelt, in welchem Jeder in seiner Weise Recht behält, wie Claus sagt, ist richtig; dennoch dürfte derselbe vielleicht nicht ein ganz müssiger sein, da, wie schon Göthe meinte, Begriffe und Worte häufig mit einander in Feindschaft liegen. Wenn man den Schwerpunkt der Individualität in den Kern verlegt, so hat man eben statt der thatsächlichen Individualität der Zelle, welche in ihrer Gesammtheit liegt, die eines Theiles gesetzt und statt eines Ausdruckes der natürlichen Verhältnisse sich ein Schema geschaffen, in welches die Thatsachen eingereiht werden. Nur wenn man den Zellenbegriff in dieser Weise schematisch festgesetzt hat, kann man mit Häckel sagen: »Der vielgebrauchte Ausdruck vielkernige Zelle ist eine contradictio in adjecto« (pag. 529).

Gerade die Infusorien sind jedoch geeignet, die vermeintliche Bestimmung der Individualität der Zelle durch ihren Nucleus zu widerlegen.

Die vielkernigen Infusorien, — man denke z. B. an einen grossen *Loxodes Rostrum* mit vielleicht 26 primären (Nucleoli) und ebensovielen secundären (Nuclei), also im Ganzen 52 Kernen — betragen sich in absolut gleicher Weise wie eine einkernige, also allein echte Zelle. Der *Loxodes* theilt sich wie ein einkerniges *Protozoon*, gleichgültig wie hoch die Zahl seiner Kerne sich beläuft. Wollte man mit der individualisirenden Thätigkeit der Kerne dieses Thieres einen Sinn verbinden, so müsste man entweder zu zeigen vermögen, dass der vielkernige *Loxodes* das Resultat der Vereinigung vieler einkerniger Zellen sei oder, dass unter Umständen der *Loxodes* sich in einzelne Individuen mit je einem Kern auflösen könne. Beides ist nicht der Fall. Nehmen wir ein so einfaches Infusor wie *P. Aurelia*, so enthält dies doch zu jeder Zeit zwei Kerne, einen primären und einen secundären; geht dieses Thier aus der Conjugation hervor, so sind sowohl der primäre als der secundäre Kern in eine grosse Zahl von Theilkernen zerfallen. Während dieses Zustandes theilt sich jedoch das Thier wie eine einfache Zelle und später gehen aus ihm wieder zweikernige Zustände hervor.

Betrachtet man nun ferner noch die Mehrkernigkeit der ersten Furchungskugel so mannigfacher Thiere — man denke an die bis fünf Kerne enthaltende des *Cucullanus elegans* — und dass diese Kerne schliesslich miteinander zu einem einzigen verschmelzen, so glaube ich, dass dadurch hinreichend bewiesen ist, dass nicht die Kerne die Individualität der Zelle bestimmen, sondern diese, worin auch der Begriff der Individualität eigentlich besteht, durch die gesammte Lebensthätigkeit derselben, als gegen die Umgebung ganz oder relativ abgeschlossene Einheit bezeichnet wird; fügen wir dieser Bestimmung noch die hinzu, dass die lebendige

Bildungsmasse der Zelle ein ursprünglich gleichmässiger Stoff ist, der zwar Differenzirungen, jedoch nicht Individualitäten zweiter Ordnung in sich enthalten darf, so haben wir ungefähr alles, was wir zur Bestimmung des Begriffes der Zelle vorbringen können, um demselben einen, den natürlichen Verhältnissen entsprechenden Ausdruck zu verleihen.

Natürlich fällt auch hierdurch die scharfe Trennung zwischen der Cytode und Zelle weg. Die Cytode wird hiernach nur eine weniger differenzirte Form der Zelle. Die ciliaten Infusorien werden also nach dieser Begriffsbestimmung der Zelle zu mehrkernigen und zuweilen sogar vielkernigen Zellen, die wahrscheinlich ganz allgemein eine sehr eigenthümliche und constante Verschiedenheit der Ausbildung ihrer Kerne zeigen, von welchem die einen in sehr rudimentärem, die anderen in sehr hochentwickeltem Zustand unter normalen Verhältnissen des Thieres sich befinden.

9. Abschnitt. Einige Bemerkungen über die Möglichkeit eines häufigeren Vorkommens von Kernverschmelzungen.

Es ist hier nicht meine Absicht, die gesammte Literatur nach Beobachtungen durchzustöbern, welche möglicherweise als Belege für das verbreitetere Vorkommen der Kernverschmelzung herangezogen werden könnten; eine solche Arbeit überschreitet einerseits meine Kräfte, andererseits würde jedoch auch das mühevolle Resultat dieses Unternehmens höchst wahrscheinlich nicht der aufgewendeten Zeit entsprechen. Ich will daher nur einzelnes, mir nahe liegendes, hier vergleichen.

Der Gedanke an das Vorkommen der Verschmelzung mehrerer Kerne zu einem einzigen lag der bisherigen Histiologie fern; nachdem jedoch jetzt die Aufmerksamkeit auf das Vorkommen eines derartigen Vorganges gelenkt worden ist, dürften sich vielleicht die Beobachtungen über das häufigere Auftreten dieses Processes bald vermehren. Es sind mir jedoch einige Angaben bekannt, welche eine Kernverschmelzung nachzuweisen sich bemühten. Einmal hat Schneider das Vorkommen eines solchen Vorganges bei der Entwicklung der Keimkugeln von *Actinosphaerium Eichhorni* zwar nicht direct behauptet, jedoch nach seinen Wahrnehmungen für die einfachste Erklärung des Umstandes genommen, dass die ursprünglich eine grössere Zahl kleiner Kerne einschliessenden Keimkugeln nach einiger Zeit nur einen grösseren, centralen Kern besitzen (87). Aus einer solchen Keimkugel (Ei Schneider's) sollte nach einiger Zeit dann wieder ein mehrkerniges *Actinosphaerium* hervorgehen. Greeff bestätigt diese Beobachtung Schneider's, scheint jedoch, indem er sagt, dass die ursprünglichen Kerne schwinden und an ihre Stelle ein

centraler, heller Körper (Kern)*) erscheint, sich nicht der Schneider'schen Ansicht von der Verschmelzung der Kerne anschliessen zu wollen (107). F. E. Schultze hat gleichfalls die Keimkugelbildung dieses Thieres untersucht und die Schneider'sche Beobachtung insofern nicht zu bestätigen vermocht, als er in jeder Keimkugel immer nur einen Kern fand; dennoch hat auch er eine sehr bedeutende Reduction der Kernzahl des sich zur Keimkugelbildung anschickenden *Actinosphaerium* beobachtet (84). Schneider hebt wohl mit Recht in einer späteren Bemerkung hervor, dass diese von Schultze beobachtete Reduction der Kernzahl principiell mit seinen Beobachtungen harmonire (88). Da jedoch eine einfache Verringerung der Zahl der Kerne noch nicht auf einen Verschmelzungsprocess schliessen, sondern sich auch eben so einfach durch die Annahme des Unterganges einer Anzahl Kerne erklären lässt, so sehen wir denn auch, dass F. E. Schultze sich der letzteren Auffassung zuneigt.

Weder für die eine, noch für die andere Betrachtungsweise sind jedoch Gründe angeführt worden, so dass also bis jetzt nur die Thatsache der Abnahme der Kernzahl bei der Fortpflanzung des *Actinosphaerium Eichhorni* durch Keimkugeln feststeht.

Dagegen gibt Cienkowski an, dass bei der Copulation der *Noctiluca miliaris* die Nuclei der copulirenden Thiere entweder gesondert bleiben oder sich vereinigen (91; pag. 56). Schon früher wurde der Verschmelzung der Kerne von Stylonichia bei ihrer von Engelmann beobachteten Copulation gedacht.

Auf einem ganz anderen Felde wurde neuerdings eine Kernverschmelzung behauptet. Götte (49) glaubt nämlich beobachtet zu haben, dass die Eier des *Bombinator igneus* sich in der Weise bilden, dass eine grössere Anzahl der in dem Follikel eingeschlossenen Keimzellen sich vereinigen und ihre Kerne zu dem künftigen Keimbläschen verschmelzen, um welches sich dann der Dotter ablagert. Ich habe keinen Beruf, mich hier als Kritiker dieser Beobachtung aufzuwerfen, muss jedoch gestehen, dass ich den beschriebenen Vorgang für sehr unwahrscheinlich halte und mich daher nicht entschliessen kann, ihn als Beleg für eine weitere Verbreitung der Kernverschmelzung zu verwerthen.

In meiner vorläufigen Mittheilung habe ich die Frage aufgeworfen, ob nicht, im Gegensatz zu der heutzutage geläufigen Ansicht, der mehrkernige Zustand eines Protoplasmakörpers der ursprüngliche, der einkernige dagegen erst aus diesem hervorgegangen sei.

Diese Frage muss um so viel näher liegen, als uns ja die Protozoën eine grosse Zahl

*) Die sonderbare Greeff'sche Ansicht, dieser grosse centrale Körper sei wahrscheinlich gar kein Kern, sondern vielleicht das junge *Actinosphaerium*, scheint durch die Beobachtungen von F. E. Schultze mit Sicherheit widerlegt zu sein.

mehrkerniger Formen, ja darunter solche mit einer sehr grossen Zahl von Kernen zeigen. Die gewöhnliche Auffassung dieser Formen ist, dass man sich die vielen Kerne als die Descendenten eines oder weniger ursprünglicher Kerne vorstellt. Ob jedoch diese Anschauung auch in allen Fällen begründet ist, ist eine zweite Frage, die mir keineswegs entschieden zu sein scheint.

Ich erinnere z. B. an das obengenannte *Actinosphaerium Eichhorni*; durch F. E. Schultze wissen wir, dass die aus den Keimkugeln hervorgehenden, einkernigen Formen wachsen und mehrkernig werden, ob jedoch hieraus auf eine Vermehrung der Kerne durch Theilung geschlossen werden darf, wie dies Schultze will, scheint mir sehr fraglich. Stein bemerkt schon, dass er nie auf einen in Theilung begriffenen Kern bei diesem Rhizopoden stiess, auch Greeff, Schultze und Hertwig-Lesser haben nichts von einer Theilung derselben beschrieben. Ich habe eine bedeutende Zahl von Thieren der verschiedensten Grösse untersucht, ohne irgend einen sicheren Kerntheilungszustand zu beobachten; ich traf zwar häufig dicht zusammenliegende oder wirklich aneinandergepresste Kerne, ohne jedoch hinreichende Gründe zur Annahme einer Theilung finden zu können. Ich muss jedoch bemerken, dass ich auch nichts beobachtete, was mit Sicherheit auf eine freie Entstehung der Kerne im Protoplasma hätte schliessen lassen. Theilungszustände von Rhizopodenkernen sind überhaupt nur höchst selten beobachtet worden, die meisten Angaben in dieser Hinsicht beruhen auf Annahmen, nicht jedoch auf Beobachtung.*)

Es war mir vergönnt, im Laufe meiner Untersuchungen mit einem sehr interessanten Rhizopoden näher bekannt zu werden, der vielleicht berufen sein mag, auf die Bedeutung der Vielkernigkeit unserer Thiere einmal ein helleres Licht zu werfen. Es ist dies die schon von Ehrenberg beschriebene, grosse *Amoeba princeps*, die auch seither, namentlich den englichen Forschern Wallich und Carter, vielfach als Untersuchungsobject gedient hat. Diese grösste aller bekannten Amoeben fand ich, als ich erst einmal auf sie aufmerksam geworden war, in hiesiger Gegend ungemein verbreitet, fast jedes stehende Gewässer lieferte mir davon mehr oder weniger zahlreiche Exemplare.

---

*) In seiner neuesten Mittheilung (»Ueber einige Rhizopoden und verwandte Organismen.« Archiv für mikroskop. Anatomie Bd. 12, pag. 15) bespricht Cienkowski auch die gelegentliche Vielkernigkeit eines der von ihm geschilderten Rhizopoden, ohne jedoch ebenfalls die Bedeutung dieser interessanten Erscheinung angeben zu können (vergl. pag. 43). Von Wichtigkeit erscheint es aber, dass es Cienkowski schien, als wenn die Vermehrung dieser Kerne unabhängig von dem Mutterkern sich vollziehe, womit in Uebereinstimmung wäre, dass nach Cienkowski auch bei der Theilung dieser und verwandter Organismen (*Chlamydophrys stercorea*, Cienk. pag. 41, *Lecythium hyalinum*, Hertw. u. L. pag. 39 und *Microgromia socialis*, Hertw. pag. 36) ein zweiter Zellkern unabhängig von dem alten auftritt. Dasselbe findet sich ohne Zweifel auch bei der von mir geschilderten Fortpflanzungsweise der *Arcella vulgaris* (Vergl. 80).

Was mich zuerst auf dieses interessante Geschöpf näher aufmerksam machte, war, dass ich bei der Untersuchung eines derselben nicht einen, sondern eine Unzahl kleiner Kerne traf. Dies brachte mich zuerst auf die Vermuthung, dass ich eine zweite Art des Greeff'schen Genus *Pelomyxa* gefunden hätte; als ich jedoch meine Beobachtungen weiter fortsetzte, so fand ich bald, dass das Vorkommen so zahlreicher (100—200) kleiner Kerne keineswegs eine regelmässige Erscheinung bei diesen Organismen ist, sondern dass sich alle Uebergangsstufen von diesem Zustand bis zu dem einkernigen nicht selten in einem und demselben Gewässer nebeneinander finden. Dabei zeigte sich die interessante Thatsache, dass die Zahl der Kerne zu ihrer Grösse im umgekehrten Verhältniss steht. Ich habe nun, um mich über diese Beziehungen zwischen Zahl und Grösse der Kerne zu orientiren, eine Anzahl Zählungen und Messungen angestellt und aus denselben schliesslich die Gesammtvolumina der resp. Kernmassen berechnet, indem ich die kleinen, gewöhnlich völlig runden Kerne als Kugeln berechnete, bei den in geringerer Zahl vorhandenen, grösseren hingegen, die fast immer elliptische Umrisse haben, das Volumen gleich einer Kugel von ihrem mittleren Durchmesser setzte. Diese Messungen und Rechnungen lieferten mir nachstehende, kleine Tabelle:

		Durchmesser.		Kernvolum.
I.	108 Kerne . . .	0,0085 Mm.		0,345 Cb. Mm.
II.	25 » . . .	0,014 »		0,350 » »
III.	9 » . . .	0,021 »		0,436 » »
		grösster	kleinster	
IV.	4 » . . .	0,035 »	0,032 Mm.	0,756 » »
V.	3 » . . .	0,037 »	— »	0,795 » »
VI.	2 » . . .	0,046 »	0,039 »	0,776 » »
VII.	1 » . . .	0,096 »	0,046 »	1,874 » »

Die für die Kernvolumina erhaltenen Werthe gelten natürlich nur im Grossen und Ganzen und was sich aus dieser Tabelle scheinbar sogleich schliessen lässt, ist eine Zunahme des absoluten Kernvolumens, Hand in Hand gehend mit der Grössenzunahme derselben, trotz der Verminderung ihrer Zahl. Gerade dieser Schluss scheint jedoch bei näherer Berücksichtigung der Verhältnisse sehr unsicher. Die Untersuchung der grösseren Kerne zeigt nämlich, dass dieselben nie die Gestalt von Rotationskörpern besitzen, sondern sehr stark abgeplattet sind, wie dies ja auch bei der meist so flachen Ausbreitung der Amoebe und unter den Bedingungen der Untersuchung natürlich erscheint.

Die Kerne zeigen sich daher dem Beobachter fast immer von der flachen Seite und die hierauf basirten Rechnungen müssen demnach stets viel zu hoch ausfallen, so dass ich der

Meinung bin, dass die in IV—VI erhaltenen, doppelt so grossen Volumina als in I—III, sich wohl allein durch die so beträchtliche Abplattung der Kerne erklären können. Das grosse Volum des einfachen Kernes VII scheint jedoch kaum allein durch diesen Umstand erklärlich. Viel wichtiger erscheint mir daher die nahe Uebereinstimmung der Volumina der Kerne in I—III, wo ihre Zahl zwischen 9 und 108 schwankte und ihre Gestalt gewiss noch annähernd kugelförmig ist. Interessant bleibt fernerhin doch noch die gleichfalls sehr nahe Uebereinstimmung der Volumina in IV—VI, wo die Kernzahl zwischen zwei bis vier schwankte. Immerhin mag es der Fall sein, dass das gesammte Kernvolum sich entsprechend der Abnahme der Kernzahl noch etwas vergrössere. Hinsichtlich der Frage jedoch, ob die kleinen Kerne durch einen Zerfall der grossen oder umgekehrt diese durch Vereinigung der kleinen hervorgehen, gestatten uns die erörterten Beziehungen zwischen Grösse, Zahl und Volum der Kerne bis jetzt keine sicheren Schlüsse zu ziehen, nur das eine lässt sich wohl behaupten, dass nämlich ein derartiger Zusammenhang existiren muss. Theilungszustände der Kerne habe ich nicht nachzuweisen vermocht; zwar kleben die kleinen Kerne nach ihrer Isolation oft in zweifacher oder vielfacher Zahl zusammen, jedoch schien mir dies nur eine künstlich hervorgerufene Erscheinung zu sein. Die grossen Kerne zeigen häufig sehr unregelmässige Faltungen im lebenden Thier, welche jedoch nach Austritt der Kerne in das umgebende Wasser völlig schwinden. Dagegen muss ich hervorheben, dass der Fundort, von welchem ich die *A. princeps* hauptsächlich bezog, mir ursprünglich nur Thiere mit vielen kleinen Kernen lieferte, späterhin jedoch eine grössere Zahl solcher mit wenigen grossen Kernen.

Ehrenberg und Dujardin hatten die Kerne der *A. princeps* nicht erkannt; Auerbach*) hat Thiere mit ein bis zwei Kernen gesehen und beschrieb auch einen bisquitförmigen Kern (l. c. Taf. XXII. Fig. 9. d), welchen er als in Theilung begriffen betrachtet; dass jedoch derartige Kernformen, wie sie bei der Unregelmässigkeit der Gestalt der grösseren Kerne leicht einmal vorkommen können, ganz und gar keine Sicherheit hinsichtlich eines Theilungsvorganges verleihen, brauche ich kaum besonders zu bemerken, um so mehr, als es nach unseren jetzigen Kenntnissen des Theilungsprocesses der Kerne sehr unwahrscheinlich ist, dass die Kerne der Amoeben so glattweg zerfallen werden.

Wallich (89) beschrieb 1863 eine vermeintlich neue Art als *A. villosa*, die jedoch, wie Carter später sehr richtig bemerkte, gewiss nichts weiter als die *A. princeps* war. Er fand bei ihr gewöhnlich nur einen Nucleus, jedoch unter gewissen Bedingungen, wie er glaubt, auch zwei und drei, die durch eine Theilung des einfachen Kerns hervorgegangen sein sollten, ohne dass jedoch hierfür genügende Beweise beigebracht worden wären (l. c. p. 438). Dennoch

*) Ueber die Einzelligkeit der Amoeben. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. VII. pag. 407.

hat er jedenfalls auch Zustände mit vielen kleinen Nuclei gesehen, denn zuweilen sollte der Nucleus in eine grosse Zahl körniger Kugeln ohne Hülle zerfallen (p. 365), welche Kugeln gewiss nichts Anderes als die kleinen Nuclei waren.

Carter hat etwa gleichzeitig (90) auch die *A. princeps* untersucht und glaubte bei ihr einen Fortpflanzungsprocess gefunden zu haben, ähnlich wie er ihn früher schon für *A. verrucosa* nachgewiesen haben wollte. Aus dem Nucleus der jungen Amoebe soll durch allmälige Theilung eine grosse Zahl, bis mehr als 70 kleiner Fortpflanzungszellen hervorgehen, an welchen sich jedoch nie »a nucleus or anything like a germinal vessicle« sichtbar machen liess. Der Durchmesser dieser vermeintlichen Zellen betrug 0,014 Mm., war also übereinstimmend mit den Verhältnissen der von mir gesehenen, kleinen Kerne. Zuweilen soll jedoch diese Theilung des ursprünglichen Nucleus nicht eintreten, sondern derselbe sich vergrössern und deutlicher granulirt werden, bis er schliesslich in der ausgewachsenen Amoebe eine ovale und abgeplattete Gestalt und eine Länge von 0,0507 Mm. erreiche. Carter vermuthet, dass hier die Nucleusmembran schliesslich zerstört würde und die eingeschlossenen Granula des Nucleolus als Fortpflanzungskörper hervorträten.

Wir sehen also, dass Carter schon vereinzelte Zustände der *A. princeps* gesehen, jedoch ihre Nuclei in der von ihm so häufig beliebten Weise mit der Fortpflanzung in Zusammenhang gebracht, sowie ihnen ihre wahre Natur streitig gemacht hat.*)

Auch Stein giebt schon an (68; p. 10), dass er bei *A. princeps* sechs bis zehn grosse, ovale Kerne gefunden habe.

Die Kernverschmelzungen gewisser mehrkerniger Infusorien (Oxytrichinen) vor der Theilung haben keine Bedeutung hinsichtlich der uns hier beschäftigenden Frage, da ja, wie oben im Anschluss an Balbiani gezeigt wurde, diese vermeintlich isolirten Kerne durch sehr feine Verbindungsstränge noch in Zusammenhang stehen. Dagegen glaube ich das Vorkommen von Kernverschmelzungen bei den aus der Conjugation hervorgegangenen Individuen von *P. Bursaria* und *Euplotes Charon* nahezu gewiss gemacht zu haben, weniger sicher bin ich in dieser Beziehung bei *P. Aurelia* und *putrinum*.

So mangelhaft auch die uns bis jetzt vorliegenden Thatsachen noch erscheinen, so dürfte doch wohl zu vermuthen sein, dass Kernverschmelzungen bei den Protozoën nicht zu den ungewöhnlichen Erscheinungen gehören und vielleicht eine wichtige Rolle im Leben dieser Organismen spielen.

---

*) Auf die Streitigkeiten, die sich hinsichtlich der *A. princeps* hierauf zwischen Wallich und Carter erhoben (Ann. and magaz. of nat. history 3 ser. T. 12. p. 111; 329 u. 198), gehe ich hier nicht näher ein, da durch sie kein neuer Punkt von Bedeutung zu Tage gefördert wurde.

IV. Kapitel. Allgemeine Betrachtungen und Rückblicke.

1. Abschnitt. Entwicklungsvorgänge in der befruchteten Eizelle bis zur Ausbildung der Furchungskugel erster Generation.

Ueber die allerersten Entwicklungsvorgänge der befruchteten Eizelle war bis vor kurzer Zeit relativ wenig bekannt. Als das Wichtigste darunter erschien das Verschwinden des Keimbläschens, des ursprünglichen Eikern's, wiewohl auch dieser Vorgang keineswegs allseitig verbreitet und der verschiedensten Deutung fähig zu sein schien, so dass noch im Jahre 1870 E. van Beneden in sehr eingehender Weise, jedoch ohne hinreichende Beweise, die These vertheidigen konnte: dass die Kerne der Furchungskugeln directe Descendenten des Keimbläschens seien (13).

Diejenigen Forscher aber, welche das völlige Verschwinden des Eikerns behaupteten, wichen dennoch sehr von einander ab, wenn es sich darum handelte, die Bedeutung dieses Vorgangs festzustellen. Die einen verlegten ihn vor die Befruchtung und betrachteten denselben etwa als das letzte Stadium der Reifung des Eies; die anderen hingegen sahen in dem Verschwinden des Keimbläschens eine Wirkung der Befruchtung, rechneten dasselbe daher schon zu den ersten Entwicklungsvorgängen und deuteten zum Theile mit Häckel diesen Vorgang als einen Rückschlag in das ehemalige Cytodenstadium der ersten Organismen. Jede dieser Ansichten hatte ihre besonderen, auf Beobachtungen sich stützenden Gründe für sich, eine Einigung liess sich daher schwerlich erzielen, ohne dass neue, thatsächliche Einblicke in das Wesen der stattfindenden Vorgänge gethan worden waren. Nach meinen Erfahrungen nun, die ich in mehreren Stücken durch die Beobachtungen anderer Forscher zu ergänzen im Stande bin, werden sich, wie ich glaube, wenigstens ein Theil der Widersprüche befriedigend lösen, wenn wir auch natürlich noch nicht bis zu einem völlig klaren Durchschauen aller der hier in Frage tretenden Verhältnisse durchgedrungen sind.

Ich erinnere hier zunächst an eine Beobachtung von Fr. Ratzel, der 1869 fand, dass in den zum Ablegen reifen Eiern von Tubifex das Keimbläschen sehr wesentliche Veränderungen erfahren hat (34; p. 565; Taf. XLII. Fig. 5). Er bemerkt hierüber: »Die Veränderungen des Keimbläschens erstrecken sich nur insofern auf die äussere Form, als in den Eiern, welche zur Ablage reif sind und durchschnittlich 0,4—0,5 Mm. im Durchmesser haben, es seine bisher innegehabte und durch die membranöse Hülle gegen den Dotter scharf abgegränzte Kugelform aufgiebt und zu einem länglichen Körper wird, der in seiner grössten

Axe bis 0,1 Mm. Durchmesser erreicht. Dieser Körper hat eine bedeutende Cohärenz und ist von sehr elastischer Beschaffenheit, indem er bei Ausfliessenlassen des Einhaltes durch Anwendung gelinden Druckes unter vollständiger Beibehaltung seiner Form und Grösse aus der Eihaut hervortritt; in Bezug auf seine Zusammensetzung zeigt er die eigenthümliche Erscheinung, dass sein mittlerer Theil im Vergleich mit den Polen kugelförmig angeschwollen ist und eine meridionale Streifung zeigt, die bei näherer Betrachtung sich als das Resultat des Vorhandenseins einer häutigen Hülle an dieser Stelle erweist. Da der übrige Theil dieses Körpers, des modificirten Keimbläschens, keine Spur von Hülle aufweist, die mediane Anschwellung aber auch in ihren Grössenverhältnissen sehr gut mit dem Keimbläschen stimmt, so möchte die ganze Bildung zu betrachten sein als entstanden durch Anlegung von Plasmamassen an zwei entgegengesetzten Polen des Keimbläschens.«

Ratzel selbst deutet also schon nur die mediane Anschwellung, die deutlich gestreift — faserig erscheint, als das metamorphosirte Keimbläschen. Was die helle Masse vorstellt, die sich demselben beiderseits angelagert hat, scheint bis jetzt nicht recht klar. Wir sehen jedoch aus dieser Beobachtung, dass schon vor der Befruchtung und Eiablage das Keimbläschen von *Tubifex* sich in die, von mir aus den Eiern von *Nephelis* näher beschriebene Kernspindel metamorphosirt. Zugleich bietet uns die Ratzel'sche Beobachtung eine sehr willkommene, fernere Bestätigung, dass diese Kernspindel wirklich das metamorphosirte Keimbläschen sei, obgleich dies auch durch meine Beobachtungen am Ei des *Cucullanus elegans*, wo sich das Keimbläschen nach der Befruchtung noch einige Zeit in seiner früheren Beschaffenheit erhält, ausreichend bewiesen worden ist. Die gleiche Umbildung erfährt das Keimbläschen auch im Ei der Schnecken. Mit dieser Metamorphose des Eikerns, welche absolut mit derjenigen übereinstimmt, welche jeder Furchungskern im Beginne seiner Theilung erfährt, bildet sich jedoch auch um jedes Ende der Keimbläschenspindel eine strahlenförmige Anordnung der Dotterkörner aus, welche sich durch einen grossen Theil des Dotters erstreckt, so dass es ganz das Aussehen erhält, als wolle derselbe sich theilen. Das Centrum einer jeden Strahlung wird auch hier durch einen hellen Hof eingenommen.

Die so getroffenen Vorbereitungen zur Theilung des Keimbläschens und, wenn man will, auch des Dotters, kommen jedoch nicht zu ihrem Ziel, indem nun das Keimbläschen rasch zur Oberfläche des Dotters geschoben wird. Bei *Nephelis* und den Schnecken tritt es mit mehr oder weniger senkrecht zur Dotteroberfläche gerichteter Längsaxe aus dieser heraus und formirt sich sogleich durch Abrundung und bei *Nephelis* sicherlich auch Quellung zu den sogenannten

Richtungsbläschen. Bei *Cucullanus* hingegen bleibt die an die Dotteroberfläche getretene Keimbläschenspindel wohl noch eine Zeit lang unverändert auf dieser liegen, um sich hierauf erst in die beiden Richtungsbläschen umzubilden. Hier geschieht diese Umbildung, umgekehrt wie bei *Nephelis*, unter beträchtlicher Abnahme des ursprünglichen Volum's. Der einmal durch Bildung der Kernspindel eingetretene Theilungsprocess des Keimbläschens schreitet aber bei den Schnecken und *Nephelis* schon innerhalb des Dotters weiter fort, so dass es bei den ersteren als ein durch einen feinen Stiel zusammenhängendes Doppelbläschen, bei *Nephelis* hingegen in einer, nach den seitherigen Erfahrungen nicht ganz verständlichen Weise in Gestalt dreier, durch kurze Verbindungsstielchen zusammenhängender Bläschen ausgestossen wird. Auch bei *Cucullanus elegans* ist mit der Bildung der Richtungsbläschen durch Umformung der Keimbläschenspindel eine Theilung verknüpft, so dass auch hier die Richtungsbläschen im frühesten Stadium ihrer Bildung ganz genau denselben Bau wie die der Schnecken besitzen, nämlich die Formation eines schon in der Theilung weit fortgeschrittenen Furchungskernes.

Durch diese Beobachtungen halte ich es für sicher erwiesen, dass die sogenannten Richtungsbläschen des Schnecken-, Nematoden- und Hirudineen-Eies das ausgestossene Keimbläschen darstellen und zwar, wie ich nochmals besonders betonen will, höchst wahrscheinlich das gesammte Keimbläschen, denn keine meiner Beobachtungen deutet darauf hin, dass irgend ein Rest desselben zurückbleibe, ausgenommen allein flüssige Bestandtheile, die während der Metamorphose zur Spindelform ausgetreten sind. Die Gründe, welche mich früher veranlassten, für einige Zeit der Ansicht zu huldigen, dass die Richtungsbläschen den ausgestossenen Keimfleck darstellten, habe ich schon im speciellen Theil hinreichend auseinandergesetzt, es waren dies zum Theil die Wahrnehmungen am lebenden Ei, welche auch schon frühere Beobachter der Richtungsbläschen zu dieser irrigen Ansicht verleitet hatten und dann meine ursprünglich falsche Auffassung der streifigen Kernspindel als umgewandelter Kernkörper.

Die Frage nach der Bedeutung der Richtungskörper hat in letzterer Zeit durch die vorzüglichen Beobachtungen von Oellacher zuerst wieder ein erhöhtes Interesse erhalten und ist daher auch mehrfach einer ziemlich eingehenden Erörterung unterzogen worden, wobei denn auch die historische Entwicklung unserer Kenntnisse von diesen Gebilden zum Theil ausführlich besprochen wurde (vergl. z. B. Flemming 27 und hinsichtlich der Mollusken namentlich Fol 35). Ich halte es daher nicht für angezeigt, nochmals eine Recapitulation aller der älteren Arbeiten über diesen Gegenstand hier zu geben, sondern beschränke mich auf einen kurzen Ueberblick.

Der Entdecker dieser Körperchen ist bekanntlich Carus,*) er fand sie 1824 bei *Limnaeus*; bei den Mollusken wurden sie hierauf weiterhin beschrieben von Dumortier, J. van Beneden und Windischmann (*Limax* u. *Aplysia*),**) Kölliker (*Doris*), Nordmann? (*Tergipes*) ***), Fr. Müller (*Pontolimax*), Quatrefages (*Teredo*), J. Reid (verschiedene Gymnobranchen), Warneck (*Limnaeus* und *Limax*), Karsch, Rathke, Lovén (bei *Crenella*, *Cardium*, *Solen*, *Patella*), Koren und Danielssen (*Buccinum* und *Purpura*), Leydig (*Paludina*,)†) Lacaze-Duthiers (*Dentalium* und *Vermetus*). Die erste Kenntniss der Richtungsbläschen der Pteropoden verdanken wir Gegenbauer (*Hyalaea gibbosa*); hinsichtlich der Heteropoden hat wohl zuerst R. Leuckart auf ihr Vorkommen bei *Firoloides* aufmerksam gemacht (vergl. 38; pag. 65, Anmerkung). Im Ei der Hirudineen fand sie wohl zuerst Frey bei *Nephelis*, später Rathke und Leuckart ebendaselbst, Robin bei *Clepsine*. Bei den Oligochaeten fanden sie Ratzel und Warschawsky, später auch Kowalewsky bei *Lumbricus*. Unter den Polychaeten beobachtete sie Quatrefages bei *Sabellaria*, Claparède und Meznikoff bei verschiedenen Gattungen.

Bei *Phascolosoma* hat sie neuerdings Selenka aufgefunden (39).

Bei den Nematoden wurden sie zuerst von Reichert entdeckt, späterhin auch von Claparède (?) und Schneider beschrieben.

---

*) Da mir die Abhandlung von Carus leider unzugänglich blieb, so berufe ich mich auf Lovén, der Carus die erste Entdeckung der Richtungsbläschen bei den Mollusken zuschreibt (vergl. Lovén, l. c. Arch. f. Anatomie u. Physiol. 1848. pag. 538).

**) Pouchet's Beobachtungen an *Limnaeus* betrafen abnorme Erscheinungen.

***) Eine sichere Beurtheilung der Beobachtungen Nordmann's an *Tergipes Edwardsii* (vergl. den Auszug von C. Vogt. Ann. d. sc. nat. III sér. T. V. pag. 109) ist vorerst nicht möglich. Ein Theil der Nordmann'schen Angaben hinsichtlich der aus dem Dotter in Mehrzahl entspringenden Bläschen erhält, wie auch schon Fol bemerkt (35; pag. 24), durch die Selenka'schen Beobachtungen an *Tergipes claviger* (Entwicklung des *T. claviger* 1° part. Niederl. Arch. f. Zool. Vol. 1. pag. 1—10, 1871, siehe auch 39) eine erwünschte Aufklärung. Welcher Natur das Bläschen ist, das nach Nordmann (l. c., pag. 147) erst nach vollendeter Furchung aus dem maulbeerförmigen Dotter austritt, ist kaum zu sagen; jedenfalls ist es dem Richtungsbläschen der übrigen Mollusken nicht vergleichbar, denn ich kann mich unmöglich der Semper'schen Ansicht (44; pag. 12) anschliessen, dass das Richtungsbläschen auch wohl einmal erst nach abgelaufener Furchung austreten könne. Bezüglich dieses Bläschens findet sich bei Selenka keine Bemerkung. Dagegen sagt er (l. c. pag. 2): »Zwei oder auch ein, zuweilen auch drei Richtungsbläschen wurden fast ausnahmslos schon sehr frühe bemerkt, schon, wenn erst sechs Kugeln (Furchungskugeln) gebildet waren.« Dieselben sollen durch Abschnürung aus den ersten Furchungskugeln entstehen und echte Zellen sein. Ich kann daher die Frage nach den Richtungsbläschen von *Tergipes* nicht als gelöst betrachten.

†) Zeitschrift f. wiss. Zoologie Bd. II. pag. 128. Hier sollen die Richtungsbläschen dieselbe violette Farbe haben wie der Dotter; die Bedeutung der von Leydig gesehenen Körperchen scheint mir daher noch nicht ganz klar.

Desor (41) hat sie bei *Nemertes* gesehen. Was neuerdings G. Dieck (42)*) bei einer parasitischen *Nemertine* der Gattung *Cephalothrix* beschrieben hat, gehört sicher nicht hierher, sondern zu den abnormen Ablösungen von Furchungszellen, wie sie von Selenka (l. c.) näher beschrieben worden sind.

Bei *Cucumaria* hat Selenka (40) die Ausstossung eines Richtungsbläschens beobachtet.

Von den Coelenteraten ist hinsichtlich der Ausstossung eines Richtungsbläschens fast nichts bekannt; Kleinenberg (43; pag. 46) will jedoch bei *Hydra* vor der Befruchtung die Auspressung einiger Plasmakügelchen aus dem Dotter beobachtet haben, die er als bedeutungslos für die fernere Entwicklung der Eier betrachtet und mit den sogenannten Richtungsbläschen der übrigen Thiere identificirt. Der Umstand jedoch, dass in diesen Plasmakügelchen meist eine Pseudozelle (Dotterkorn) eingebettet ist, macht es mehr wie wahrscheinlich, dass dieselben nichts mit den eigentlichen Richtungsbläschen verwandtes haben.**)

Bei den Tunicaten ist meines Wissens bis jetzt nichts von Richtungsbläschen beobachtet worden, doch hat Semper neuerdings versucht (44), die von der Oberfläche des Dotters der Ascidieneier im Augenblick der Furchung oder schon vorher sich ablösenden sogen. Testazellen***) mit den Richtungsbläschen, namentlich denen des Schneckeneies, zu identificiren. Ein solcher Vergleich muss jedoch jetzt, wenigstens in morphologischer Hinsicht, ganz unmöglich erscheinen, wie auch Semper für den Fall, dass die Richtungskörper des Schneckeneies wirklich das Keimbläschen seien, zugesteht. Doch möchte er die Vergleichung dieser Gebilde auch dann noch nicht aufgeben und zwar wegen ihrer physiologisch gleichen Bedeutung, indem das

*) Dieck schreibt Joh. Müller die erste Entdeckung der Richtungsbläschen bei *Eutoconcha mirabilis* zu. Müller hat jedoch bei diesem Thier gar keine Richtungsbläschen beobachtet. Die Bezeichnung „Richtungsbläschen" stammt von Fritz Müller her. (Vergl. Arch. f. Naturgesch. 1848. I. p. 1.)

**) Ganz eigenthümlich lauten die Beobachtungen eines gleichfalls sehr genauen Forschers, P. E. Müller, (117) in Bezug auf das Schicksal des Keimbläschens einer Siphonophore (*Hippopodius luteus*, C. Vogt). Hier soll das Keimbläschen schliesslich schwinden, der Keimfleck jedoch am Rande des sogenannten Mikropylhofes zurückbleiben, d. h. an der Stelle, wo die Spermatozoën wahrscheinlich zu den Eiern gelangen. Der Zutritt dieser letzteren wurde nicht direct beobachtet, man findet jedoch in der Flüssigkeit des Mikropylhofes häufig zwei bis drei amoebenähnliche Körperchen, die Müller als umgewandelte Spermatozoën deutet. Diese sollen schliesslich mit dem Keimfleck in Verbindung treten, jedoch nicht mit ihm verschmelzen und so die Befruchtung vollziehen.

Diese Schilderung steht so isolirt gegenüber allen seitherigen und auch den Ergebnissen meiner Forschungen, dass ich nicht im Stande bin, sie für oder wider die hier besprochenen Fragen zu verwerthen oder sie mit anderweitig bekannten Verhältnissen vergleichen zu können.

***) Uebrigens hält Kowalewsky in seiner neuesten Arbeit (»Ueber die Entwicklungsgeschichte der *Pyrosoma*,« Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd. II. pag. 606) an seiner früheren Ansicht fest, dass die Testazellen nicht von dem Dotter, sondern vom Follikelepithel herstammten.

Wesentliche dieses Vorganges in beiden Fällen eine Defäcation, eine Befreiung der Eizelle von unbrauchbar gewordenen Stoffen sei. Bei dieser Betrachtungsweise ist jedoch nur die Thatsache des Ausstossens richtig, die Deutung der Vorgänge als eine Entfernung unbrauchbar gewordener Theile hingegen Annahme, die sich um so weniger rechtfertigen lässt, als Semper selbst nachweist, dass die sogenannten Testazellen (tropfen) sich künstlich durch Einwirkung des Seewassers auf Eierstockseier hervorrufen lassen. Der Grund ihrer Entstehung wäre also hiernach ein ganz äusserlicher, der sich mit einer für die Eizelle wichtigen Defäcation kaum vergleichen liesse. Andererseits ist jedoch auch durch nichts bewiesen, dass das Keimbläschen gewissermaassen eine Kloake zur Ablagerung des Unraths der Eizelle darstelle. Weder Aussehen, noch irgend etwas anderes spricht dafür, ebensowenig wie man die Ausstossung eines so wichtigen und wesentlichen Bestandtheiles der Zelle überhaupt dem Begriffe der Defäcation unterordnen könnte, bei dem es sich um die Ausstossung von Nahrungsresten oder Secreten, nie jedoch um die Entfernung eines wichtigen Körpertheils handelt. Auch Selenka bespricht die Ausstossung des Richtungsbläschens in ähnlichem Sinne, indem er es mehrfach den Koth der Zelle nennt. Weil der Kern der Eizelle selbst seine Rolle ausgespielt hat und durch einen neuen ersetzt wird, kann man ihn doch unmöglich als Koth der Zelle bezeichnen. Auch Fol spricht sich neuerdings in ganz ähnlicher Weise aus (35; pag. 27), er sagt: »Il peut d'être important pour le vitellus de se débarasser de certaines matières devenues superflues; et la sortie de ces matières peut avoir lieu en un point déterminé et constant, sans que nous soyons obligés d'y voir d'autre chose, qu'une simple excrétion.«

Gar keine Kenntniss haben wir von dem Vorkommen der Richtungsbläschen bei Räderthieren und Arthropoden;*) hinsichtlich letzterer gibt jedoch Dieck (l. c. pag. 512) an, dieselben bei *Maja* und *Carcinus* gesehen zu haben, ich kann aber dieser Angabe aus den oben besprochenen Gründen kein völliges Vertrauen schenken.

Bei den Wirbelthieren hingegen sind sie jedenfalls sehr verbreitet, oder vielmehr ganz allgemein, da hier ohne Zweifel ein fundamentaler Vorgang vorliegt.

Die ersten sicheren Beobachtungen hierüber rühren von Bischoff her, der sie beim Hund, Meerschweinchen, Kaninchen und Reh auffand; in neuerer Zeit hat sie E. v. Beneden

*) Dass die sogen. Polzellen des Insecteneies gar nichts mit den Richtungsbläschen zu thun haben, erwähne ich hier nur desshalb, weil Flemming (27) dieses noch für eine offene Frage hält. Meznikoff's Beobachtung, dass dieselben in den Embryo aufgenommen und zur Bildung der Geschlechtsorgane verwendet werden, halte ich für völlig richtig.

auch bei *Vespertilio* nachgewiesen.*) Bei den Fischen hat Oellacher sie uns von der Forelle kennen gelehrt und für das Hühnchen ihr Auftreten wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht.

Schon früher jedoch, im Jahre 1864, wurde das Austreten eines oder zweier Richtungsbläschen aus dem befruchteten Dotter von *Petromyzon Planeri* und *fluviatilis* von A. Müller (113) ziemlich eingehend beschrieben und in directe Parallele gebracht mit dem Hervortreten entsprechender Gebilde aus dem Dotter der Wirbellosen und der Säugethiere. Direct unterhalb der Stelle der Dotteroberfläche, aus welcher diese Richtungsbläschen hervortreten, liegt im befruchtungsfähigen Ei das Keimbläschen. Eine bestimmte Ansicht über die Bedeutung der ausgestossenen Tröpfchen oder Bläschen äussert Müller nicht; er hat folgende Deutung für die von ihm beobachteten Vorgänge. Nach der Befruchtung tritt das Keimbläschen durch die Oeffnung eines eigenthümlichen Gebildes, das ihm wie ein Deckel aufsitzt und in die Dotteroberfläche hineinragt, hinaus auf die Dotteroberfläche in Gestalt eines Cylinders, von dem sich nun ein oder auch zwei Richtungsbläschen abschnüren; später sinkt es zurück und tritt durch die Oeffnung des Deckels wieder in den Dotter ein, um zum Kern der ersten Furchungskugel zu werden (Ist diese Oeffnung des sogenannten Deckels vielleicht dasselbe wie das sogenannte Dotterloch des Amphibieneies?).

Hinsichtlich ihres Auftretens bei den Amphibien scheinen mir die älteren Beobachtungen von Bär**) und die späteren von M. Schultze und Bambeke doch nicht einen so hohen Grad von Sicherheit zu gewähren, dass sich hierauf bestimmte Schlüsse auf-

---

*) Die Richtungsbläschen eines Wirbelthiereies wurden zuerst von M. Barry 1840 bei dem Kaninchen beobachtet, ohne dass er jedoch bezüglich ihrer Entstehung zu einer richtigen Vorstellung gelangt wäre. Seine Erklärung der Entstehung dieser Körperchen steht im innigsten Zusammenhang mit seinen wunderlichen, für die jetzige Generation kaum mehr recht verständlichen Vorstellungen von den Entwicklungsvorgängen im Dotter, auf die näher einzugehen hier zu weit führen würde (vergl. M. Barry: Researches in Embryology. Third series. Philosoph. Transact. of the Roy. soc. of London. 1840. p. 529. T. XXIV. Figg. 185—187, 193 etc.).

Bischoff will die Richtungsbläschen auch beim Schaaf und Schwein beobachtet haben (114); der besonderen Umstände halber, unter welchen diese Beobachtungen angestellt wurden, werde ich erst weiter unten auf dieselben näher eingehen. In den Leçons sur la physiologie T. VIII. pag. 396 gibt Milne-Edwards an, dass Vogt die Richtungsbläschen bei der Forelle beobachtet habe, er citirt Embryologie des Poissons. Wahrscheinlich ist hier die Embryologie des Salmones gemeint, worin sich jedoch nichts von einer derartigen Beobachtung findet. An gleicher Stelle findet sich auch die Angabe, dass Coste das Richtungsbläschen von *Gasterosteus* wahrgenommen habe; das betreffende Werk »Développement des êtres organisés« ist mir leider nicht zugänglich.

**) Vergl. C. E. von Bär „Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere". 2. Theil p. 27, p. 27, p. 158, p. 292; ferner die Schrift Bär's „Die Metamorphose der Eier der Batrachier vor dem Erscheinen des Embryo und Folgerungen aus ihr für die Theorie der Erzeugung" in Arch. f. Anatomie u. Physiologie 1834. p. 481.

bauen liessen. So sehr ich auch mit der Oellacher'schen Beobachtung (45) über den Austritt des Eikernes aus dem Ei harmonire, so bleibt doch ein Punkt, in welchem ich mit ihm nicht ganz übereinstimme und der mir auch aus seinen Beobachtungen nicht zu folgen scheint. Ich meine nämlich die Angabe, dass das Keimbläschen des Forelleneies schon vor der Befruchtung austrete. Unter den Abbildungen Oellacher's findet sich nur ein Durchschnitt durch ein unbefruchtetes Ei (Fig. 5) und dieser zeigt das Keimbläschen zwar dicht unter der Oberfläche des Keimes, jedoch noch völlig in ihm eingeschlossen. Ich muss dies letztere um so mehr annehmen, als ich mich der Oellacher'schen Ansicht bezüglich der dicken, radiärgestreiften Membran des Keimbläschens, die von Porenkanälen durchsetzt sein soll, nicht anschliessen kann. Nach der Oellacher'schen Auffassung soll sich diese Membran in der Fig. 5 schon da, wo sie in der Oberfläche des Dotters liegt, geöffnet haben und sich bei weiterem Heraustreten des Keimbläschens auf der Dotteroberfläche ausbreiten. Hinsichtlich der Bedeutung dieser Membran erweckt Oellacher schon selbst Zweifel, indem er pag. 15 darauf aufmerksam macht, dass wegen ihrer innigen Vereinigung mit dem Keim fast die Vermuthung entstehen könne, dass sie ein Product des letzteren sei und das Keimbläschen durch sie nur abgekapselt werde. Dies ist nun auch meine Ansicht, diese Membran ist nur eine homogenere, radiärstreifige Partie des eigentlichen Bildungsdotters, die das Keimbläschen umschliesst. Ich werde in dieser Ansicht noch mehr bestärkt durch das Vorkommen ähnlicher Umhüllungen des Keimbläschens in den Eiern anderer Wirbelthiere; so beschreibt Eimer um das Keimbläschen des Ringelnattereies auf gewissen Stadien eine dicke, helle Hülle, die schön radiär gestreift erschien, doch liessen sich diese Streifen bis in den umgebenden Dotter verfolgen. Die hierzu gehörige Abbildung (46; Taf. XI. Fig. 3) zeigt, dass sich keine scharfe Grenze zwischen dieser Hülle und dem Dotter finde. Die Streifung glaubt auch Eimer auf Porenkanäle zurückführen zu dürfen; ich möchte es hingegen für wahrscheinlicher halten, dass es sich hier nur um die uns bekannte, radiäre Anordnung feinster Dotterkörnchen handelt. In älteren Eiern war diese radiär gestreifte Hülle wieder geschwunden und nur eine einfache Haut um das Keimbläschen zu sehen. Eine strahlige Beschaffenheit des Dotters scheint in Wirbelthiereiern noch häufiger vorzukommen; so entnehme ich Eimer (l. c. pag. 427—28), dass schon Reichert einen radiärröhrigen Bau des Nahrungsdotters im Hechtei beschrieb, Pflüger eine solche im inneren Dotter des Katzeneies beobachtete.*) Da nun nach meiner Ansicht die streifige Keimbläschenmembran des Forelleneies ein Dotterbestandtheil ist, so kann ich auch nicht zugeben,

*) Vergl. auch die radiären Protoplasmastränge, die A. Schultz im Eierstocksei von *Raja oculata* beschreibt. Zur Entwicklungsgeschichte des Salachiereies. Arch. f. mikrosk. Anat. 1875. Bd. 11. pag. 569.

dass auf dem Stadium der obenerwähnten Oellacher'schen Fig. 5 das Keimbläschen schon im Begriff ist aus dem Dotter auszutreten, sondern es liegt nur dicht unter dessen Oberfläche. Die übrigen von Oellacher untersuchten Eier, bei welchen man das Keimbläschen schon deutlich aus dem Dotter herausgetreten findet, sind sämmtlich befruchtet gewesen.

Auch aus den Beobachtungen Oellacher's am Hühnerei (l. c. pag. 17 und Stricker's Laboratoriumshefte 1870*) scheint mir nicht zu folgen, dass das Keimbläschen schon vor der Befruchtung völlig aus dem Dotter eliminirt wird, sondern es tritt nur an dessen Oberfläche, bleibt jedoch noch in den Keim selbst eingesenkt.

Aus den Beobachtungen von Bischoff und van Beneden geht nicht hervor, dass die Ausstossung der Richtungsbläschen bei den Säugethieren vor der Befruchtung stattfindet, sondern man könnte aus Bischoff's Beobachtungen am Hundeei den umgekehrten Schluss ziehen. Taf. I. Fig. 10 (47) bildet er ein Ei ab, welches einen halben Zoll von dem Uterusende im Eileiter gefunden wurde; dasselbe ist jedenfalls befruchtet, da es auf seiner Zona von Spermatozoën wimmelt; dennoch ist der Dotter sehr wenig contrahirt und von Richtungsbläschen nichts sichtbar. Ebensowenig an den Eiern Figg. 7 u. 8 ganz aus dem Anfang des Eileiters. Das in Fig. 5 abgebildete Eierstocksei einer brünstigen Hündin zeigte an einer Stelle eine sehr regelmässige, concave Einsenkung des dunkelen Dotters und aus dieser schaut zur Hälfte das Keimbläschen hervor; dies Ei wäre nun ein überzeugender Beweis für den Austritt des Keimbläschens vor der Befruchtung, wenn die Deutung, die Bischoff dem gesehenen Bild gibt, eine richtige wäre. Dies, glaube ich, ist jedoch nicht der Fall; die concave Einsenkung des Dotters scheint mir sehr verdächtig, ich glaube vielmehr, dass dieselbe sich durch die Ansammlung von hellem Protoplasma an der Stelle, wo das Keimbläschen der Dotteroberfläche zunächst liegt, erklärt, eine Erscheinung wie sie im Ei der Schnecken und gewisser Würmer gleichfalls früher oder später eintritt.

Diese Frage nach dem Austritt des Keimbläschens vor oder nach der Befruchtung ist jedenfalls der Mühe werth, näher erörtert zu werden, denn es stimmen alle vertrauenswürdigen Untersuchungen an wirbellosen Thieren darin überein, dass die Ausstossung erst nach der Befruchtung stattfindet (der Fall bei *Hydra* ist schon oben näher besprochen worden, wobei sich zeigte, dass es sich hier sehr wahrscheinlich gar nicht um Richtungsbläschen handelt). Eine sichere Beantwortung dieser Frage jedoch im Allgemeinen zu versuchen, ist natürlich heutzutage noch nicht möglich, nur lässt sich mit Bestimmtheit behaupten, dass die Ausstossung vor der

*) War mir nicht zugänglich.

Befruchtung gewiss nicht die Regel ist, wie Oellacher und späterhin auch Flemming (27; pag. 35) anzunehmen geneigt sind. *)

Für eine Reihe von Eiern verschiedener Thiere ist jedoch auch das Verschwinden des Keimbläschens vor der Befruchtung, sogar schon im Eierstock, angegeben worden. So hat z. B. neuerdings Mezniko ff (48; pag. 65) die Abwesenheit eines Keimbläschens in dem reifen Ei der Siphonophoren mit sehr grosser Bestimmtheit gegenüber Häckel und Gegenbauer hervorgehoben und dieser Umstand war für ihn sogar ein sicheres Zeichen des Gelingens der künstlichen Befruchtung. Für die Eier von *Bombinator igneus* beschreibt Götte (49) das Zugrundegehen des Keimbläschens innerhalb des reifen, unbefruchteten Eies, für die Reptilien Eimer (46), bei einigen Fischen Ransom.**) Diese Beobachtungen sind jedoch nach unseren jetzigen Erfahrungen mit einem ziemlichen Grad von Misstrauen aufzufassen. Wir haben gesehen, dass die Metamorphose des Keimbläschens zu der Kernspindel schon vor der Befruchtung im reifen Ei anheben kann und wissen, mit wie grosser Schwierigkeit die Wahrnehmung des spindelförmigen Zustandes des Kernes zuweilen verknüpft ist, was ja am besten daraus erhellt, dass bis auf Strasburger's und meine Untersuchungen nur ganz vereinzelte Andeutungen dieses Zustandes gesehen worden sind. Für die Theilung der Furchungskugeln lautete der übereinstimmende Ausspruch vieler Forscher an nicht ganz günstigen Objecten meist so: der Kern streckt sich in die Länge, wird undeutlicher und entzieht sich schliesslich den Blicken ganz, d. h. er ist jetzt in den spindelförmigen Zustand übergegangen. Ich kann also vorerst auch die Beobachtungen über das angeblich völlige Schwinden des Keimbläschens innerhalb des Dotters vor der Befruchtung nicht für sicher halten, da sie ohne Kenntniss des eigenthümlichen Zustandes, in welchen das Keimbläschen übergeht, angestellt worden sind und sich dieser zarte Körper bei schwierigen Objecten sehr leicht übersehen lassen muss.

Dass bei den Arthropoden mit Sicherheit noch gar nichts von Richtungsbläschen bekannt ist, mag vielleicht mit der Schwierigkeit, welche die verhältnissmässig grossen Eier dieser Thiere der Untersuchung entgegenstellen, zusammenhängen. Treten sie nicht gerade am Rande hervor, sondern in der Fläche, so ist an eine Wahrnehmung derselben kaum zu denken. Genauere Aufschlüsse hierüber können wohl nur mittels der Schnittmethode erlangt werden.

Von den radiären Dotterstrahlungen um die Enden des spindelförmig metamorphosirten

*) Eine andere Frage ist es natürlich, ob die Austreibung von Richtungsbläschen sich nicht mit der Zeit wie andere Entwicklungserscheinungen auch beim unbefruchteten Ei einstellen können. Weiter unten soll diese Frage näher erörtert werden.

**) Observations on the ovum of osseous fishes. Transact. of philos. soc. 1867. p. 431.

Keimbläschens hat meines Wissens bis jetzt nur Fol (35)*) bei den Eiern der Pteropoden einiges gesehen. Die Keimbläschenspindel selbst ist ihm entgangen, wesshalb er auch über die Natur der Richtungsbläschen nicht ins Klare kam. Sehr richtig hingegen ist seine Beobachtung, dass die Richtungsbläschen aus dem Centrum der oberflächlichen Dotterstrahlung hervortreten und wir dürfen hiernach mit Gewissheit annehmen, dass auch bei den Pteropoden der Vorgang der Keimbläschenausstossung in ganz ähnlicher Weise verläuft, wie bei den von mir untersuchten Schnecken.

Es sei mir gestattet, noch für einen Augenblick die mannigfachen Deutungen zu betrachten, welche die sogenannten Richtungsbläschen oder *Globules polaires* (J. v. Beneden) im Laufe der Zeiten erfahren haben. In dieser Beziehung gehören sie jedenfalls zu den interessantesten Objecten auf dem Gebiet der Entwicklungsgeschichte. Die älteren Forscher bis zu Lovén (1848) und noch Koren und Danielssen (1851) schwankten zwischen Keimbläschen und Keimfleck, sie befanden sich daher doch der Wahrheit sehr nahe, wenn auch keine Sicherheit erreicht worden war. Da trat 1848 Rathke**) auf und erklärte die fraglichen Körperchen für ganz bedeutungslose Tröpfchen *Liquor vitelli*, welche bei der Contraction des Dotters ausgestossen wurden. Diese Rathke'sche Ansicht, welche bei näherer Ueberlegung, namentlich wegen der Constanz ihres Auftretens und ebenso ihrer Austrittsstelle (hauptsächlich von Fr. Müller l. c. betont), doch wohl etwas zweifelhaft hätte erscheinen dürfen, errang sich nun für die nächsten 25 Jahre fast allgemeine Geltung, bis 1872 zuerst wieder Oellacher von ihr zurückkam. In der Zwischenzeit hatte sich hauptsächlich Robin (19) eingehender mit den fraglichen Gebilden bei Schnecken und Hirudineen beschäftigt. Das Resultat seiner Untersuchungen bezeichnet er selbst mit folgenden Worten: »En résumé, c'est par la mode d'individualisation des éléments anatomiques, appelée *gemmation* et s'opérant à l'aide et aux dépens de la substance hyaline du vitellus, que naissent les globules polaires«. Er geht soweit, dass er die Entstehung der Blastodermzellen des Insecteneies der Bildung der Richtungskörper an die Seite stellt (22).

Seit dem Erscheinen von Oellacher's Arbeit haben sich verschiedene Beobachter in ähnlichem Sinne ausgesprochen, jedoch scheint mir ein sicherer Beweis nicht geliefert worden zu sein. So sagt 1873 Ray Lankester von *Aplysia* (51; p. 85) »The germinal vessicle escapes previously to yelk-cleavage as the Richtungsbläschen.« Flemming (52) bemerkt 1874 über die Richtungskörperchen von *Anodonta*, dass die Annahme wohl am nächsten läge, dass das Eliminirte hier, bei den Mollusken, ein Umwandlungsproduct des Kerninhalts und des

*) Doch beschreibt schon Meissner (i. J. 1856) eine strahlige Gruppirung der Dotterkörnchen um ein helles, isolirbares Centrum in den reifen Eiern von *Echinus esculentus* nach Schwinden des Keimbläschens (118).

**) Zur Kenntniss des Furchungsprocesses im Schneckenei. Arch. f. Naturgesch. 1848. pag. 157.

Kernkörpers sei. Als beweisend führt er namentlich die starke Tinctionsfähigkeit der Körper an. Bei derselben Gattung kam von Ihering (53) zu dem Resultat, dass die Richtungskörperchen von dem Keimbläschen abzuleiten seien. Schenk hat Mittheilungen über die ersten Entwicklungsvorgänge von *Serpula uncinata* Grube gegeben (54). Er findet (nach dem Bericht von Nitsche 1874; p. 367), dass die ersten Entwicklungsvorgänge in einem Zackigwerden des Keimbläschens bestehen, letzteres rückt hierauf an die Peripherie des Eies vor, darauf findet die Elimination des Keimbläschens und das Austreten des Keimflecks statt, welch letzterer alsdann zwischen Dotterhaut und Dotter liegt und schliesslich ganz schwindet.

Fol's Ansicht in Betreff der Richtungsbläschen des Pteropodeneies wurde schon oben erwähnt.

Ich komme nun zur Betrachtung der Neubildung des Kernes der ersten Furchungskugel. Die Neubildung dieses Kernes war bis vor kurzer Zeit so wenig bekannt, dass noch 1870 E. van Beneden (13; p. 244) bezüglich desselben bemerken konnte: »ce noyau *apparait tout a coup* avec les dimensions que présentait la vessicule germinative«, und diese vermeintliche Thatsache als einen Beweis gegen die Neubildung dieses Kernes aufstellte. Wie wir gesehen haben, ist es jedoch in allen Fällen Regel, dass die neuen Kerne der ersten Furchungskugel aus ganz minutiösen, eben noch bemerkbaren Anfängen hervorwachsen.

Soweit wir es zu ermitteln vermochten, steht die Neubildung der Kerne immer mit einem sehr hellen, nahezu homogen erscheinenden Protoplasma in Zusammenhang, welches sich unterhalb der Austrittsstelle der Richtungsbläschen an der Oberfläche des Dotters anhäuft (vergl. *Limnaeus*, *Succinea*, *Cucullanus* und wahrscheinlich auch *Phallusia* nach Strasburger's schönen Untersuchungen [55]) oder aber dieses Protoplasma ist weit entfernt von der Austrittsstelle der Richtungsbläschen, so bei *Nephelis* und scheint sich auch in diesem Fall nicht ursprünglich auf der Oberfläche des Dotters zu sammeln, sondern im körnigen Dotter selbst. In gewissen Fällen ist es auch über die Oberfläche des Dotters auf weitere Strecke hin verbreitet (vergl. die kleinen freilebenden Nematoden, sowie *Cucullanus*).

Dieses Protoplasma bildet, wie namentlich bei den Schnecken, *Nephelis* und *Phallusia* sehr deutlich zu beobachten ist, das Centrum einer Dotterstrahlung, die je nach der Lage desselben sich einseitig oder allseitiger durch den Dotter erstreckt. Innerhalb dieses Protoplasmas bilden sich nun die neuen Kerne, je nach der Lagerung desselben, entweder an sehr verschiedenen Stellen der Dotteroberfläche (kleine Nematoden und auch *Cucullanus*) oder dicht beieinander (*Limnaeus*, wahrscheinlich auch *Succinea*, sowie *Phallusia* nach Strasburger [55], *Cucumaria* nach Selenka [40] und die Pteropoden nach Fol [35]). Bei *Nephelis*

zeigten sich die ersten Kerne in grösserer Entfernung von einander und nur der eine von ihnen stand mit dem centralen, homogenen Protoplasma (Keimhof Selenka's) in Verbindung.

Diese kleinen neuentstandenen Kerne besitzen, wie dies oben in allen Fällen schon näher auseinander gesetzt wurde, genau den Bau des durch ihre Vereinigung hervorgehenden Kernes der ersten Furchungskugel. Ich kann daher keinen Grund einsehen, denselben, da sie auch nach den Beobachtungen am Ei der kleinen Nematoden sicherlich in keiner Verbindung mit einander stehen, die Bezeichnung Kerne zu versagen. Ich habe sie schon, als ich sie zuerst bei *Rhabditis dolichura* beobachtete, Kerne genannt und Auerbach hat sich dem völlig angeschlossen. Da sie durch ihre spätere Vereinigung den Kern der ersten Furchungskugel erzeugen, so mag man sie als die primären, diesen als den secundären bezeichnen, sie jedoch mit Selenka [40] als Kernkeime zu betrachten, halte ich nicht für gerechtfertigt, da ein Keim sich von dem aus ihm hervorgehenden Product wesentlich unterscheiden muss, diese jungen Kerne jedoch nur durch ihre Grösse von dem späteren einfachen Kern differiren. Ich kann daher auch Strasburger nicht zustimmen, wenn er sagt: »Wichtig ist die Beobachtung von Bütschli, dass ihre Zahl Schwankungen unterworfen sein kann, dadurch geben sie sich eben zunächst nur als Material zur Bildung des Kernes und nicht als eben so viele selbstständige Kerne zu erkennen.« Einmal sehe ich die Logik dieses Schlusses nicht ein und dann kann ich, wie gesagt, einen Unterschied nicht machen, wo eben ein solcher nicht vorhanden ist. Dass die Bestimmung dieser jungen Kerne eine andere ist, wie die vieler anderer Kerne, nämlich die, mit einander zu verschmelzen, darf uns allein nicht bestimmen, sie als etwas ganz besonderes zu betrachten. Hätte sie ein Histiologe in der Eizelle gesehen und ihre Bestimmung nicht gekannt, so würde er, ohne einen Augenblick zu zögern, sie für ebensoviel echte Kerne erklärt haben. Letzterer Fall hat sich nun auch oft genug ereignet. Wir wissen, dass schon Schneider die Mehrkernigkeit der ersten Furchungskugel mehrerer Nematodeneier erkannte und er hatte keinen Zweifel darüber, dass hier wirkliche Kerne vorlagen. Dann aber erklären sich jetzt eine Reihe älterer Beobachtungen über das Vorkommen mehrerer Kerne in der ersten Furchungskugel, die früherhin im verschiedensten Sinne, jedoch immer falsch verwerthet wurden.

Es machte einstmals viel Aufsehen, dass Joh. Müller, auf Grund seiner Beobachtungen an *Entoconcha mirabilis*, das Nichtverschwinden des Keimbläschens und dessen directe Theilung behauptete. Müller sah zwei, ja einmal auch sogar drei Kerne in der ersten Furchungskugel dicht nebeneinander (56; Taf. V. Figg. 6 und 7). Zwei dieser letzteren lagen so dicht zusammen, dass er sie als einen Theilungszustand auffasste. Da wir aber jetzt wissen, wie und

wann sich der Kern der ersten Furchungskugel wirklich theilt, so ergibt sich hieraus mit Sicherheit die Erklärung für die Müller'schen Beobachtungen. Er sah nicht das getheilte Keimbläschen, sondern die neuentstandenen und zur Verschmelzung bestimmten Kerne; der vermeintliche Theilungszustand Fig. 7 ist ein solcher Verschmelzungsvorgang.

In gleicher Weise erklären sich ohne Zweifel auch die Angaben Gegenbauer's, dass bei Pteropoden (wohl hauptsächlich *Cleodora pyramidata*) das befruchtete Ei eine halbe Stunde nach dem Legen meist zwei Keimbläschen zeige, die er als die Theilsprösslinge des ursprünglichen auffasst. Dass unsere Erklärung dieser Erscheinung grössere Wahrscheinlichkeit für sich hat, geht wohl schon daraus hervor, dass der eigentliche Furchungsprocess erst acht bis zehn Stunden nach dem Eierlegen beginnt. Bei Heteropoden (*Pterotrachea*) soll sich das Keimbläschen gleichfalls theilen, zuweilen sogar zu vier Kernen; letztere Beobachtung, zusammengehalten mit dem Vorkommen der Richtungsbläschen bei diesen Eiern, macht es fast gewiss, dass es sich auch hier nur um neugebildete, zur Verschmelzung bestimmte Kerne, jedoch nicht um Theilsprösslinge des Keimbläschens handelte (vergl. 37; p. 30 und 180).

Keferstein's*) Beobachtung, dass bei gewissen Turbellarien (*Leptoplana tremellaris*) das Keimbläschen sich theile, wird sich wahrscheinlich in ähnlicher Weise erklären, da wir durch Schneider wissen, dass bei der Furchung der Turbellarieneier der Kern ganz entsprechende Umbildungen erfährt, wie bei den von uns beschriebenen Eiern (58).

Dass die Beobachtungen E. van Beneden's (13) über die Theilung des Keimbläschens von *Distomum cygnoides* nicht zuverlässig sind, wissen wir gleichfalls durch Schneider's Untersuchungen, der auch bei diesem Trematoden Bilder gesehen hat (l. c. Taf. V. Fig. 7), welche es beweisen, dass hier die Kerne sich in der Weise theilen, welche wir allgemein fanden. Desshalb erklären sich die van Beneden'schen Bilder wohl gleichfalls durch Bildung mehrerer neuer Kerne und deren Verschmelzen, woraus es dann wieder sehr wahrscheinlich würde, dass auch hier eine Elimination des Keimbläschens vorausgehen muss.

Auch bei den Säugethieren halte ich diesen Neubildungsprocess der Kerne für erwiesen, er folgt nämlich ganz sicher aus den beiden Abbildungen Taf. XII. Figg. 1 und 4 bei van Beneden (13). Hier zeigt der Dotter noch nicht die geringsten Anzeichen von Theilung, die Richtungskörperchen sind ausgeschieden und im Centrum des Dotters liegen zwei gleich grosse, helle Kerne dicht bei einander. Da nun hier der Modus der Kerntheilung gewiss

*) Die hier erwähnten Beobachtungen Keferstein's waren mir leider nicht direct zugänglich; ich kenne sie hauptsächlich aus v. Beneden's Arbeit (13).

derselbe ist, wie er in so übereinstimmender Weise bei Pflanzen und Thieren nachgewiesen wurde, so ergibt sich für diese beiden Kerne nur die Bedeutung neugebildeter und zur Verschmelzung bestimmter.*) Dass übrigens hier der eigentliche Theilungsvorgang der Kerne sich in gleicher Weise wie anderwärts vollzieht, folgt aus der Abbildung Taf. XII. Fig. 6 bei van Beneden, welche jedenfalls das letzte Stadium der ersten Theilung darstellt und wo in beiden Furchungskugeln von Kernen noch gar nichts zu sehen gewesen ist, wie dies unsere Voraussetzung auch erforderte.

Jedenfalls geht jedoch aus den obigen Betrachtungen hervor, dass der beschriebene Process der Kernneubildung der ersten Furchungskugel ein in der Thierwelt sehr verbreiteter, möglicherweise an befruchteten Eiern ganz allgemeiner ist.

Strasburger hat bei *Phallusia mamillata* den Kernhof, das helle Protoplasma, in welchem die jungen Kernchen entstehen, für den eigentlichen Kern gehalten, die jungen Kerne selbst jedoch für Vacuolen innerhalb des vermeintlichen Kernes erklärt, die schliesslich den letzteren ganz ausfüllten. Dieser Kernhof aber, der ohne bestimmte Gränzen in das umgebende Protoplasma übergeht, kann unmöglich als Kern betrachtet werden.

2. Abschnitt. Die Kern- und Zellentheilung.

Es ist jedenfalls überraschend, dass zu gleicher Zeit sowohl bei Pflanzen als Thieren ein Modus der Kern- und Zellentheilung gefunden wurde, der sich principiell als völlig übereinstimmend erwies, nachdem so lange Zeit eine fundamentale Verschiedenheit, hinsichtlich der Kernvermehrung, in beiden organischen Reichen als die Regel betrachtet worden war.

Die gewöhnliche Vorstellung von der Vermehrung der Kerne thierischer Zellen war die einfacher Theilung durch Zerfall in zwei Hälften, nachdem meist eine Vermehrung der Kernkörperchen vorausgegangen sein sollte, der man, wenn man es auch nicht direct aussprach, wohl einen Einfluss auf die Theilung des Zellkernes zuschrieb, wie seinerseits dieser wieder die

---

*) Neuerdings hat Weil die Beobachtung E. van Beneden's von dem Vorhandensein zweier Kerne im Dotter des Kanincheneies vor Beginn der Furchung bestätigt. (C. Weil. Ueber die Befruchtung und Entwicklung des Kanincheneies. Wiener medicin. Jahrbücher 1873. Nach dem Bericht von W. Müller im Jahresberichte über d. Fortschr. d. Anat. u. Phys. von Hoffmann u. Schwalbe. Bd. III. pag. 441).

Späterer Zusatz: Seit ich das Obige niederschrieb, sind die von mir ausgesprochenen Vermuthungen bezüglich des Kanincheneies durch die erneuten Untersuchungen E. van Beneden's völlig bestätigt worden (Vergl. Bulletins de l'Acad. roy. de Belgique, 2me sér., t. XL, n°. 12; 1875).

Theilung der Zelle selbst beeinflussen sollte. Entweder sollte der Kern durch Einschnürung in seiner Aequatorialzone schliesslich in zwei Hälften zerfallen, oder durch Ausbildung einer mittleren Scheidewand, in der später eine Spaltung eintrete, in zwei Hälften auseinandergehen. Andererseits wurde jedoch noch von mehreren Seiten eine simultane und vielfache Vermehrung eines einzigen Kernes durch einen Knospungs- oder Sprossungsprocess, als eine zweite Art der Kernfortpflanzung beschrieben. Schliesslich gesellte sich dazu die, zuerst von Reichert 1846 (9) ausgesprochene, jedoch hauptsächlich erst in neuerer Zeit, beeinflusst durch die Erfahrungen auf botanischem Gebiet, mehr zur Geltung gekommene dritte Ansicht, welche besagte, dass die Vermehrung des Kernes wenigstens in vielen Fällen durch den völligen Untergang des alten und die Neubildung junger Kerne sich vollziehe. Diese Art der Kernvermehrung hat denn neuerdings Auerbach die palingenetische getauft.

Ob sich die Theilung eines Kernes in der früher geschilderten Weise durch einfachen Zerfall wirklich findet, scheint jetzt sehr zweifelhaft. Immerhin existirt ohne Zweifel ein Modus der Kerntheilung, der von dem in dieser Abhandlung hauptsächlich geschilderten sehr abweicht, oder sich doch nur durch die Annahme sehr wesentlicher Modificationen auf diesen zurückführen lässt. Dieser Modus war es jedenfalls, der zu der so verbreiteten Ansicht von der einfachen Theilung der Kerne die Grundlage gab. Ich muss dies um so mehr glauben, da sich ein so genauer Beobachter, wie Auerbach, neuerdings sehr bestimmt für diesen Vorgang ausgesprochen hat. Er sagt (17; pag. 179): »Unter den Vermehrungsarten der Kerne tritt zunächst eine echte, unantastbare Selbsttheilung in den Vordergrund, ein Vorgang, welchem ich nicht nur Realität, sondern für die thierischen Organismen eine hervorragende Rolle zuerkennen muss.« Dass er sich hierbei auf eigene Untersuchungen stützt, geht aus den Schlussworten seiner Abhandlung hervor, wo er Beiträge zur Kenntniss dieses Processes in nahe Aussicht stellt.

Ich selbst habe mich bis jetzt mit der hier in Frage stehenden Vermehrungsweise der Kerne nur wenig beschäftigen können, doch muss ich nach den Studien, die Strasburger und ich neuerdings an Knorpelzellen machten, den Schluss ziehen, dass hier ein Modus der Kerntheilung vorliege, der sich bis jetzt nicht mit dem von uns beiden beschriebenen, in directen Zusammenhang bringen lässt. Ich habe an den Knorpeln des Schultergürtels kleiner Tritonen zwar auch Bilder gesehen, welche einen gewissen Anschluss an die beschriebenen, typischen Vorgänge der Kerntheilung gestatten, ohne jedoch zu einem sicheren Entscheid zu gelangen. Auch die von mir oben beschriebene, sehr wahrscheinliche Vermehrungsweise der Kerne der weissen Blutkörperchen von *Rana* und *Triton*, lässt sich nur als eine sehr starke Modi-

fication des typischen Vorganges betrachten, ebenso haben wir eine solche in den Theilungsvorgängen der secundären Nuclei der Infusorien vor uns und zwar hier eine sicher constatirte.

Der Process der Kernvermehrung, welchen ich mit Strasburger als den ursprünglichen und typischen auffasse, womit ja auch im Einklang steht, dass er in der embryonalen Zelle der gewöhnliche ist, wurde seither bei thierischen Zellen nur bruchstückweise erkannt und da, wo er vollständiger beobachtet wurde, wie bei den Infusorien, seiner Bedeutung nach gänzlich verkannt, da ja ein Vergleich mit entsprechenden Vorgängen echter Zellen ganz unmöglich war.

Was hinsichtlich dieses Vorganges seither beobachtet worden war, beschränkte sich im wesentlichen auf die mannigfaltigen Wahrnehmungen, welche sich bei der Dotterfurchung verschiedener Thiere hatten machen lassen. Es waren hier namentlich die Strahlungserscheinungen in dem Dotter während der Furchung, welche zunächst die Aufmerksamkeit der Beobachter in Anspruch nahmen. Oben wurde erwähnt, dass Grube ohne Zweifel schon Andeutungen der strahligen Figuren in den Dotterkugeln von *Clepsine* wahrgenommen hatte. Mit Bestimmtheit beschreibt sie Derbès aus dem Ei des *Psammechinus esculentus* und gibt auch recht kenntliche Abbildungen dieses Phänomen's (112; pag. 90, Pl. V. Figg. 4 u. 6); später (1856) wurde dann dieselbe Erscheinung von Meissner bei dem gleichen Object wieder beobachtet und in ihrem Zusammenhang mit der Theilung des Furchungskernes (helles Centrum des Dotters) etwas näher ergründet (vergl. 118). Bei *Sagitta* bemerkte Gegenbauer*) die strahlenförmige Anordnung der Dotterkörnchen um die Kerne der ersten Furchungskugeln einige Zeit nach geschehener Theilung.

Leuckart (11; p. 90) bemerkte, dass in den Eiern der Nematoden die Dotterkörnchen eine strahlige Gruppirung um die Enden der in Theilung begriffenen Kerne eingehen. Sehr frühe wurden solche strahlige Gruppirung der Plasmakörnchen um die Kerne auch in den Keimzellen der Nematodenspermatozoën wahrgenommen, wovon viele Abbildungen bei Claparède und Munk (7, 16) Zeugniss geben. Kowalewsky und Kupffer haben diese Bildungen in den Eiern der Ascidien gesehen, ohne jedoch näher auf sie einzugehen. Bei Nematoden habe ich später wieder auf dieselben aufmerksam gemacht (14) und ihr Auftreten und Verschwinden, sowie ihr Verhältniss zu dem in Theilung begriffenen Kern genauer ermittelt. Fol**) hatte

*) Gegenbauer, „Ueber die Entwicklung der Sagitta“ Abhandl. der naturf. Gesellschaft in Halle Bd. 4 (p. 7 des Sep.-Abdr.).

**) Ich ergreife die Gelegenheit, um ein Missverständniss zu berichtigen, welches sich, hinsichtlich der Priorität der Entdeckung der Strahlensysteme im Dotter während seiner Theilung, bei einer Anzahl Autoren, die in letzterer Zeit über diesen Gegenstand schrieben, findet. Die erste genaue Beschreibung dieser Erscheinung lieferte H. Fol in seiner Arbeit über die Entwicklung des Geryonideneies, die im November 1873

sie schon einige Zeit vor dem Erscheinen meiner Publication im Ei der Geryoniden gefunden und auch darauf aufmerksam gemacht, dass hier eine sehr verbreitete Erscheinung vorliege, die er ausserdem noch bei Rippenquallen, *Doliolum*, bei *Cavolinia* unter den Mollusken und *Alciope* unter den Anneliden nachgewiesen habe (57). Nach Fol entstehen diese Strahlensonnen zu jeder Seite des verschwindenden Kernes. Diese Beobachtung war richtig bis auf das Verschwinden des Kernes, dessen Metamorphose übersehen wurde, obgleich die Angabe Fol's, dass vom einen zum andern dieser Anziehungscentren mehrere solcher Strahlen bogenförmig verlaufen, darauf hinweist, dass er einiges von den Fasern der eigentlichen Kernspindel gesehen hat. Auch in seiner neueren Arbeit über die Entwicklung der Pteropoden (37) hält er an dieser Auslegung des Gesehenen fest und lässt auch hier bei jeder Theilung den Kern regelmässig schwinden. Jedoch ist es ihm nun gelungen, den Beginn der eigentlichen Kernmetamorphose zu sehen; er fand nämlich (Taf. VIII. Fig. 4), dass von zwei gegenüberliegenden Stellen seiner Oberfläche aus, sich Strahlensysteme innerhalb des Kernes selbst erzeugen. Er sah also das erste Stadium der sich bildenden Kernspindel, deutete jedoch diese Erscheinung falsch, indem er sie für eine Auflösung des Kernes in die Strahlensonnen hält. Es scheint mir daher auch aus seiner jetzigen Darstellung hervorzugehen, dass er die Strahlensysteme selbst für die aufgelösten Kerne hält, eine Ansicht, wie sie ähnlich auch Kowalewsky zu haben scheint.

Auerbach hat gleichfalls (17) die strahligen Figuren gesehen, ist jedoch, wie dies bei Untersuchungen am lebenden Ei natürlich erscheint, nicht zu einer Erkenntniss der Kernumbildung und Theilung gelangt. Nach seiner Beschreibung geht der Kern bei der Bildung der karyolitischen Figur völlig zu Grunde und es bleibt nur der mit dem Protoplasma dieser Figur vermischte Kernsaft übrig. Auerbach war bei seinen Untersuchungen in einem Punkt entschieden weiter gekommen wie ich früherhin (14), indem er fand, dass nicht die angeschwollenen Enden der karyolitischen Figur selbst, wie ich unrichtig angenommen hatte, die neuen Kerne

---

erschien und welche Herr Dr. Fol nach seiner freundlichen Mittheilung schon im Frühjahr und Sommer des Jahres 1871 vollendet hatte. Meine Beobachtung dieser Erscheinungen im Nematodenei wurde Ende 1871 angestellt und gelangte erst im Mai 1874, wegen der langen Zögerung des Lithographen, zur Veröffentlichung. Herrn Dr. Fol gebührt also bezüglich der Entdeckung der Dotterstrahlungen, wie auch der Entstehung der Tochterkerne nach der Theilung aus mehreren, später verschmelzenden, kleinen Kernen (die er zwar nur als Vacuolen bezeichnete) die Priorität. Meine Beobachtung der Strahlungen während der Theilung des Nematodendotters wurden nahezu in derselben Zeit und ganz unabhängig von den seinigen angestellt. Hiernach sind also die Angaben bei Auerbach und Strasburger, welche mir fälschlich die erste genauere Schilderung der Strahlungen im Dotter zuschreiben, zu berichtigen.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

sind, sondern dass diese Tochterkerne sich da allmälig hervorbilden, wo die angeschwollenen Enden der karyolitischen Figur (die Centralhöfe der Strahlung) in den Stiel derselben übergehen. Dass dem so sei, davon habe ich mich nun auch am lebenden Nematoden- und Räderthierei hinreichend überzeugt und dies stimmt auch völlig mit den an präparirten Eiern über die Kerntheilung jetzt erhaltenen Resultaten überein.

Die karyolitische Figur Auerbach's erklärt sich also in der Weise, dass der sogen. Stiel derselben den spindelförmigen, in der Theilung begriffenen Kern vorstellt, die angeschwollenen Enden hingegen die sogenannten Centralhöfe der Strahlungen, woraus sich alsdann der Ort der Neuentstehung der Tochterkerne von selbst ergibt.

Flemming's Untersuchungen (52, 27) an *Anodonta* und *Lacinularia* führten gleichfalls nicht zur Entdeckung der Kernmetamorphose, wesshalb auch er an dem völligen Verschwinden des Mutterkernes festhalten zu müssen glaubt und die Strahlensysteme sich ohne dessen Betheiligung anlegen lässt. Dass er bei *Lacinularia* den Stiel der karyolitischen Figur gar nicht wahrnahm, ist mir erklärlich, da sich in den lebenden Räderthiereiern der spindelförmig modificirte Kern, dieser Stiel, dem Auge fast oder ganz entzieht. Auch durch diese, wohl durch die Ungunst der Objecte sehr beeinflussten Untersuchungen wurden daher nur Bruchstücke des eigentlichen Vorganges ermittelt, dieser selbst jedoch ganz falsch gedeutet.

Von der eigentlichen Metamorphose des Kernes bei der Theilung haben meines Wissens seither nur zwei Forscher bei thierischen Objecten etwas gesehen. Einmal, wie ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung erwähnte, Kowalewsky bei *Euaxes* (6). Er sah hier (Taf. IV. Fig. 24) den in Theilung begriffenen Kern, nämlich die auseinandergerückten Kernplattenhälften sammt den sie verbindenden Fäden. Er deutet das Gesehene als das in Theilung begriffene Kernkörperchen. Natürlicher Weise konnte er so, nicht über das wirkliche Verhalten des Kernes während der Theilung ins Klare kommen, wie sich z. B. sehr deutlich durch die Auslegung, welche er seiner Fig. 26 gibt, hervorgeht. Hier finden sich in e schon zwei, nahezu völlig neugebildete Tochterkerne, zwischen welchen von Kernfäden nichts mehr zu sehen ist. Seine Erklärung hierzu sagt jedoch, dass die Kerne der beiden Zellen noch nicht völlig von einander geschieden seien, woraus hervorgeht, dass er die hellen Centralhöfe, die um die jungen Kerne gezeichnet sind und die deutlich strahligen Bau besitzen, als die eigentlichen Kerne auffasst.*)

*) Dass Kowalewsky keine klaren Vorstellungen über das Verhalten der Kerne bei der Theilung hat, ergibt sich auch aus seiner neuesten Publication über die Entwicklung von Pyrosoma, wo er pag. 609 mittheilt, dass er während der Furchung in jeder Furchungskugel einen strahlenförmigen Kern beobachtete. Vergl. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. 11. 1875. pag. 596.

Mehr von den Umwandlungen des Kernes während der Theilung hat hingegen Schneider (58; p. 69) bei *Mesostomum Ehrenbergii* wahrgenommen, was ich früher leider übersah. Es ist mir nicht möglich darüber ganz klar zu werden, wie sich Schneider die Theilung des Kernes hier eigentlich vorstellt. Er beschreibt von dem Kern des befruchteten Sommereies, den er als das ursprüngliche Keimbläschen betrachtet (was ich für unerwiesen halte), dass zuerst seine Umrisse verschwinden und nur der Kernkörper erkennbar bleibt; auf Zusatz von Essigsäure waren aber auch die Umrisse des Kernes sichtbar und zwar erschienen sie vielfach gefaltet und verbogen. »Endlich schwindet auch der Nucleolus und der ganze Kern hat sich in einen Haufen feinlockig gekrümmter, auf Zusatz von Essigsäure sichtbar werdender Fäden verwandelt. An Stelle dieser dünnen Fäden traten endlich dicke Stränge auf, zuerst unregelmässig, dann zu einer Rosette angeordnet, welche in einer, durch den Mittelpunkt der Kugel gehenden Ebne (Aequatorialebne) liegt. Dem Anschein nach bilden diese Stränge den Umriss einer flachen, vielfach eingebuchteten Blase; indess überzeugt man sich bei genauerer Ansicht, dass ihre Contour an dem inneren Winkel der Zipfel vielfach unterbrochen ist. Die in dem Ei befindlichen Körnchen haben sich in Ebnen gruppirt, welche sich in einer senkrecht auf die Aequatorialebne und in deren Mittelpunkt stehenden Linie schneiden. An dem frischen Ei ist von dieser Anordnung wenig zu sehen — durch Zusatz von Essigsäure heben sie sich aber kräftig ab. Wenn die Zweitheilung beginnt, haben sich die Stränge vermehrt und so geordnet, dass ein Theil nach dem einen Pol, der andere nach dem anderen sich richtet. Endlich schnürt sich das Ei ein und die Stränge treten in die Tochterzellen. Die Reihen der Körnchen strecken sich in die Länge und lassen sich aus der einen Zelle in die andere verfolgen« (l. c. p. 113 u. 114). Die Hauptsache ist, dass sich aus den Schneider'schen Figuren 5d u. e. Taf. V. ergibt, dass die Kerntheilung hier nach demselben Modus verläuft, den Strasburger und ich vielfach beschrieben. Bemerkenswerth erscheint, dass bei diesem Object die Elemente der Kernplatte eine sehr bedeutende Ausbildung erreichen, es sind dies eben die von Schneider beschriebenen Stränge. Letzteres geht namentlich aus der Fig. 5e. hervor, die ein Stadium darstellt, wo die Kernplattenhälften schon auseinander gerückt sind und auf welchem auch die sie noch verbindenden Kernfäden sich angedeutet finden. Weiter bemerkt Schneider: »Nach Vollendung der Zweitheilung löst sich der strangförmige Kern auf und ein bläschenförmiger mit feinen Granulationen erfüllter tritt an seine Stelle.«

Dieselbe Art der Kernvermehrung fand er auch bei *Distomum cygnoides*, ferner an den eigenthümlichen Zellen, welche mittelst eines dünnen Stiels dem Darm von *Mesostomum* angeheftet sind. Auch die Kerne der Keimzellen der Spermatozoën, sowie einzelne Kerne des

Keimlagers der weiblichen Geschlechtsorgane und der jungen Dotterstöcke dieses Thieres zeigten ähnliche Umformungen.

Nachdem wir durch die nahezu vollkommene Uebereinstimmung der Theilungsvorgänge der echten Zellkerne und der sogenannten Nucleoli der Infusorien uns die Gewissheit verschafft haben, dass die letzteren echten Zellkernen gleichwerthig sind, haben wir damit ein Object erhalten, an welchem gewisse Vorgänge bei der Kerntheilung sich in einer Weise studiren lassen, wie dies bei der Gewebezelle oder dem Ei kaum der Fall sein kann. Es dürfte daher nicht ungerechtfertigt erscheinen, von einigen, bei der Theilung dieser primären Infusorienkerne erhaltenen Resultate Rückschlüsse auf den Theilungsvorgang anderer Kerne zu entnehmen. Die Möglichkeit, in Theilung begriffene primäre Nuclei der Infusorien zu isoliren, gibt uns ein Mittel in die Hand, ihren feineren Bau sicherer zu erforschen, als dies z. B. für die, in so bedeutende Protoplasmamassen eingeschlossenen Kerne der Eier sich bewerkstelligen lässt. So erkannten wir an den in Theilung befindlichen Nucleoli der Infusorien eine, die Fasern der Kernspindel umhüllende, sehr zarte, jedoch höchst deutliche Membran. Untersucht man den noch in dem Infusor eingeschlossenen Kern auf diesem Stadium nach Behandlung mit Essigsäure, so erhält man natürlich hinsichtlich dieser Membran keinen sehr sicheren Anhalt, man sieht dann die geschrumpfte Kernspindel in einem hellen Raum liegen und es ist schwer oder nicht möglich die Membran von dem umgebenden Protoplasma zu unterscheiden. In letzterer Weise präsentirte sich uns auch die Kernspindel in den Eiern oder Zellen, die wir zu untersuchen Gelegenheit hatten. Auch hier ist der helle Hof um die Spindel, der manchmal von sehr scharfen Umrissen begränzt wird, zuweilen sehr deutlich. Auch folgt hieraus, dass die Kernspindel, wie wir sie nach Behandlung mit Essigsäure zu Gesicht bekommen, nicht mehr ganz dem natürlichen Zustand entspricht, sondern dass dieser eigentlich mehr abgerundet oval ist und namentlich die so spitz und scharf auslaufenden Enden der Spindel nicht dem natürlichen Zustand entsprechen, sondern dass die Fasern in den Kernenden zwar sämmtlich nach einem Punkt convergiren, aber im lebendigen Zustand nicht als ganz grad gestreckte Linien von der Kernplatte nach den Kernenden laufen, sondern sich allmäliger bogenförmig dort zusammenkrümmen. (Vergl. namentlich die Abbildung der Nucleoli von *Stylonichia* im natürlichen Zustand und nach Behandlung mit Essigsäure Taf. XII. Figg. 5 u. 6, 7 u. 8).

Nach Analogie der Infusoriennuclei muss ich nun auch an den Spindeln der übrigen Zellkerne eine sie gegen das umgebende Protoplasma scharf abgränzende, zarte Hülle annehmen. Ich bin hierzu um so mehr veranlasst, als auch Strasburger zuweilen, namentlich bei Betrachtung der Kernplatte von der Fläche, einen sehr deutlichen, dieselbe umkreisenden

Contour wahrgenommen hat (vergl. namentlich Taf. VI. Fig. 52, Pollenmutterzelle von *Allium narcissiflorum* und Fig. 78, Sporenmutterzelle von *Psilotum triquetrum*).

Wenn sich daher auch eine Umhüllung, sowohl bei thierischen wie pflanzlichen Objecten, namentlich um die überhaupt sehr schwierig sichtbaren Enden der Spindel, kaum wahrnehmen lässt, so ist die Existenz derselben doch aus den angeführten Gründen kaum zu bezweifeln.

Im Aequator der Spindel sind, wie bekannt, die Fasern zu dunkelen Körnern oder Stäbchen angeschwollen, deren Gesammtheit ich nach dem Vorgange Strasburger's als Kernplatte bezeichnete. Namentlich bei den primären Nuclei der Infusorien treten uns die Elemente dieser Kernplatte mehrfach in sehr bedeutender Entwicklung entgegen, so dass sie bei den Paramaecien nahezu zwei Drittel der gesammten Kernlänge erreichen (vergl. Taf. VI. Fig. 8), die zarten Spindelfasern daher nur auf kurze Strecken an den Kernenden beschränkt sind. Bei *Stylonichia* hingegen sind die Elemente der Kernplatte gleichfalls noch recht ansehnlich entwickelt, jedoch finden sich ähnliche Zustände auch noch bei echten thierischen und pflanzlichen Kernen. Ich habe schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass sich bei den primären Kernen der Paramaecien ein stricter Gegensatz zwischen den Elementen der Kernplatte und den Fasern findet; während nämlich die ersteren durch 1 % Essigsäure sehr dunkel und scharf werden, verschwinden die letzteren durch Quellung ganz. Bei anderen Infusorien zeigte sich eine derartige Differenzirung nicht.

Sowohl bei thierischen wie pflanzlichen Kernen scheint es zuweilen vorzukommen, dass die Elemente der Kernplatte zu einer zusammenhängenden Scheibe verschmelzen; ich traf solche Bilder bei den embryonalen Blutkörperchen des Hühnchens, Strasburger bei den Pollenmutterzellen von *Allium narcissiflorum* (s. s. Taf. VI. Fig. 53).

Ich muss nun noch für einen Augenblick bei der interessanten Erscheinung verweilen, dass der Kern der Furchungskugeln bei seinem Uebergang in die spindelförmige Modification im lebenden Ei gewöhnlich so undeutlich wird, dass er sich dem Auge zuweilen gänzlich entzieht. Diese Erscheinung hat, soweit ich dies zu beurtheilen vermag, dreierlei Ursachen. Einmal schwindet, wie bekannt, die sogenannte Kernhülle, der Kern verliert daher die früher so scharfe Gränze gegen das Protoplasma; zweitens tritt eine gleichmässigere Vertheilung der sonst hier und da, sowohl in der Kernhülle als in den einzelnen Binnenkörperchen localisirten, dichten Kernmasse ein, indem dieselbe sich in so regelmässiger Weise durch den gesammten Kern anordnet und drittens verliert der Kern überhaupt an Helligkeit und hebt sich desshalb nicht mehr so scharf gegen das umgebende Protoplasma ab. Letzterer Umstand beruht aber darauf, dass der ursprünglich so flüssigkeitsreiche Kern einen Verlust an Flüssigkeit

erleidet. Dies manifestirt sich dadurch, dass das Gesammtvolumen des Kernes bei seinem Uebergang in den spindelförmigen Zustand beträchtlich abnimmt, wie ich wenigstens für *Nephelis Cucullanus* und die Keimzellen der Spermatozoën der *Blatta germanica* mit Sicherheit glaube nachweisen zu können. Zum Theil geht dies schon durch einen Vergleich der Abbildungen hervor; da ich jedoch diesen Punkt für einen sehr wichtigen halte, so will ich diese Verhältnisse etwas eingehender zu beleuchten versuchen.

Von *Nephelis* stehen mir eine Anzahl Messungen zu Gebote, welche ein solches Verhalten ausser Frage stellen. Eine Furchungskugel erster Generation enthielt zwei Kerne, die noch nicht zu ihrer vollen Grösse herangewachsen waren. Eine Kugel vom Volum dieser Kerne hatte einen Durchmesser von 26, eine Kernspindel der ersten Furchungskugel hat nur ein Volum, welches einer Kugel vom Durchmesser 18 entspricht, das Volumen der beiden Kerne der ersten Furchungskugel betrug demnach das dreifache des Volums der Kernspindel. *)

Bei *Cucullanus* habe ich keine Messungen angestellt, jedoch lässt sich aus den mit Genauigkeit verfertigten Abbildungen wohl ein Schluss hinsichtlich der Volumfrage gewinnen. So repräsentirten die Volumina von vier, noch nicht vereinigten Kernen der ersten Furchungskugel zusammen eine Kugel vom Durchmesser 26; die Kernspindel der ersten Furchungskugel hingegen eine solche vom Durchmesser 18 bis 19; wir haben demnach auch hier eine Volumabnahme bis zu zwei Drittel beim Uebergang in die Kernspindel.

In der grösseren Furchungskugel zweiter Generation von *Cucullanus* hatte der einfache Kern das Volumen einer Kugel vom Durchmesser 23, die entsprechende Kernspindel kam hingegen nur dem Volum einer Kugel vom Durchmesser 16 gleich, was wiederum nahezu das Verhältniss 3:1 zwischen den Volumina des ursprünglichen Kernes und der Kernspindel ergibt.

Bei pflanzlichen Zellen scheint der Kern bei seinem Uebergang in die Kernspindel meist keine wesentliche Volumänderung zu erfahren. Dennoch ist eine solche bei *Picea vulgaris* während der Theilung der vier Kerne in dem Scheitel des Eies sehr deutlich (vergl. Taf. III. Figg. 23a, 27 und 28 bei Strasburger). Es fällt uns hierbei auf, dass diese Kerne sich auch in ihrer ursprünglichen, normalen Beschaffenheit denen thierischer Eier durch sehr hellen, jedenfalls flüssigkeitsreichen Inhalt mehr anschliessen.

Es fragt sich nun, was geschieht mit der Flüssigkeit (wässeriger Kernsaft), welche den

*) Bei diesen Volumvergleichungen habe ich mich der Methode bedient, dass ich die zu vergleichenden Objecte in entsprechenden Grössenverhältnissen möglichst genau in Wachs nachbildete und hierauf zu Kugeln umarbeitete, deren Durchmesser gemessen wurde. So roh dieses Verfahren auch ist, dürfte es in diesen und ähnlichen Fällen dennoch eine genügende Schätzung erlauben.

Kern verlässt; wird dieselbe gleichmässig vom umgebenden Protoplasma aufgenommen oder ist ein anderes Verhalten wahrscheinlich. Ich vermuthe nun das letztere und zwar aus folgenden Gründen. Die Umwandlung des Kernes beginnt zuerst an zwei sich gegenüberliegenden Punkten desselben, durch welche die zukünftige Theilungsaxe festgestellt wird. Dies geschieht in der Weise, dass hier im Dotter zwei, anfänglich nur wenig ausgedehnte Strahlensysteme auftreten, die je einen ursprünglich kleinen, späterhin, je weiter die Umwandlung des Kernes fortschreitet, mehr und mehr wachsenden, hellen und homogenen Hof einschliessen. Da die Umwandlung des Kernes von diesen beiden Punkten ihren Ausgang nimmt und mit einer Flüssigkeitsabgabe des ursprünglichen Kernes verbunden ist, so liegt die Vermuthung nahe, dass es, wie auch Auerbach schon wollte, diese beiden Punkte sind, wo auch fernerhin der Austritt des Kernsaftes in das umgebende Protoplasma stattfindet. Sehen wir andererseits das Kernvolumen sammt Kernsaft mehr und mehr schwinden und in entsprechendem Maasse die beiden Centralhöfe der Strahlensysteme wachsen, so scheint es nahe zu liegen, zwischen diesen beiden Thatsachen ein Wechselverhältniss zu vermuthen, so, dass nämlich der aus dem Kern ausgetretene Kernsaft (Wasser plus vielleicht sehr wichtigen Stoffen) sich in den Centralhöfen der beiden Strahlensysteme anhäufe.

Natürlicher Weise kann ich eine so grobe Vorstellung, wie sie Auerbach (18; p. 221) von der Entstehung der Strahlensysteme hat, dass dieselben nämlich der Ausdruck der Bahnen seien, in welchen sich feine Strömchen in das Protoplasma ergiessen, nicht für richtig halten. Andererseits aber auch nicht mit Flemming dies Radienphänomen auf ein gegebenes Structurverhältniss des Protoplasmas beziehen, wenn man eben darunter nicht nur die Thatsache versteht, dass unter gewissen Einflüssen eine derartige Anordnung entstehen kann. Im Plasma, dessen Theilchen ihre gegenseitige Lage beständig zu wechseln fähig sind, kann man von Structurverhältnissen im gewöhnlichen Sinn nicht sprechen. Ohne jedoch hier vorerst näher auf eine eventuelle Erklärung des Strahlungsphänomens einzugehen, muss ich doch hervorheben, dass ich den Sitz von dessen Ursache im Centralhof suche, zu welchem allein auch eine centrische Anordnung vorhanden ist, nicht aber zu den Kernenden.

Diese Thatsache, dass das Centrum der Radiensysteme nicht mit den Kernenden zusammenfällt, sondern letztere, wie es aus meinen Abbildungen für *Nephelis* hervorgeht, nur den Rand der Centralhöfe berühren, scheint auch die Annahme unmöglich zu machen, dass die Ursache der Strahlensysteme eine von den Kernenden auf das umgebende Protoplasma ausgeübte Attraction sei, wie Strasburger will, welcher übrigens, wie schon erwähnt, die Centralhöfe mit den Kernen selbst verwechselt hat. Auch können die Centralhöfe nicht etwa von den Kernenden

attrahirte Masse sein, da in diesem Falle dieselbe sich gleichfalls um die Kernenden als Centra anhäufen müsste. Dagegen glaube ich, dass die von mir entwickelte Vorstellung über die Entstehung dieser Centralhöfe ihre Beziehungen zu den Kernenden erklärt, wenn man daran festhält, dass die Ausscheidung des Kernsaftes nur an einem Punkt stattfindet und ersterer mit dem umgebenden Protoplasma sogleich in eine Wechselwirkung tritt, auf die ich weiter unten noch zurückkommen werde.

Welcher Natur die Veränderungen sind, die der hervorgetretene Kernsaft in dem von ihm unmittelbar durchtränkten Protoplasma der Centralhöfe hervorruft, ist natürlich nicht zu sagen, möglicher Weise nur eine einfache Quellung und Lösung, als deren Folge das homogene und lichte Aussehen der Centralhöfe betrachtet werden könnte.

Gehen wir nun zunächst zur Betrachtung der weiteren Fortschritte der Kerntheilung selbst über. Die nächste Folge ist, wie bekannt, der Zerfall der Kernplatte in zwei Hälften, welche von einander weg und nach den Enden des Kernes zu rücken. Strasburger deutet diesen Vorgang in der Weise, dass, nachdem der Zerfall der Kernplatte stattgefunden hat, die Elemente derselben, die Körner oder Stäbchen, nun auseinanderrücken und zwischen sich Fäden ausziehen, seine sogenannten Kernfäden. Letztere sind also Producte der Kernplatten, während die früheren, nach den Kernenden laufenden Fasern allmälig mit den nach den Enden rückenden Elementen der Kernplatten verschmelzen. Ich habe in meinen vorläufigen Mittheilungen einfach gesagt, dass die beiden Hälften der Kernplatten in die Kernenden rücken und auch bis zum Studium des Strasburger'schen Buches die Ansicht gehegt, dass die die Kernplatten bildenden verdickten Stellen der Fäden, einfach in diesen hinrückend, schliesslich in die Kernenden gelangten. Anfänglich hat mich daher die Strasburger'sche Auffassung etwas frappirt; bei näherer Ueberlegung ergibt sich aber, dass beide Auffassungen, im Grunde genommen, wesentlich auf dasselbe hinauslaufen und was mich stutzig machte, war eigentlich nur der Umstand, dass Strasburger die, die auseinandergerückten Kernplatten verbindenden Fäden besonders als Kernfäden aufzeichnete. Wenn man aber die Kernplattenelemente einfach als Substanzanhäufungen an gewissen Stellen der Fäden auffasst, so ergibt sich, dass unsere beiden Ansichten eigentlich nicht differiren, ebensowenig wie die Kernfäden Strasburger's sich von den früheren Spindelfasern unterscheiden.*)

Schliesslich sind also die Hälften der Kernplatten in die Enden der Kernspindel gerückt und

*) Diese Auffassung müsste aber doch vielleicht eine Einschränkung erfahren, wenn sich ein ähnlicher Unterschied in der Beschaffenheit der Kernplatte und der Spindelfasern, wie wir bei *Paramaecium* fanden, noch häufiger zeigte.

bei thierischen Objecten dieses Stadiums meist noch sehr deutlich in ihren einzelnen Elementen zu erkennen (vergl. *Cucullanus*, *Nephelis*, *Brachionus*). Bei pflanzlichen Objecten hingegen, ebenso wie gewissen thierischen (Keimzellen der Spermatozoën, embryon. Blutkörperchen), scheinen diese Elemente, schon bevor sie die Enden des Kernes erreichen, meist völlig mit einander zu verschmelzen. Dennoch findet sich auch zuweilen bei pflanzlichen Objecten das erstgenannte Verhalten, wie die Figg. 82 u. 83 Taf. VI. bei Strasburger zeigen.

Etwas anders ist das Verhalten der primären Nuclei der Infusorien, da bei ihnen die Kernplattenhälften nicht nur innerhalb der Kernspindel selbst auseinanderrücken, sondern sich zugleich, durch Auswachsen der zwischen ihnen verlaufenden Kernfäden, mehr und mehr von einander entfernen, so dass schliesslich, wenn sie in den Kernenden angelangt sind, die Kerne sich schon sehr beträchtlich verlängert haben und endlich auf ihre vier- bis sechsfache Länge auswachsen können. Bei der gewöhnlichen Theilung der primären Nuclei (während der Quertheilung des Infusors) erfolgt nun auch die Verschmelzung der Elemente der Kernplatten zu einem mehr oder weniger homogenen Körper, schliesslich (wie dies nach der Analogie mit den Theilungszuständen der primären Nuclei während der Conjugation wohl geschlossen werden darf) die Trennung der Verbindungsfäden in der Mitte zwischen den neuen Kernen und ihr allmäliges Verschmelzen mit den schon homogen gewordenen Kernplatten, worauf alsdann die Form des ursprünglichen Nucleolus wiederhergestellt ist.

Nicht so jedoch bei den während der Conjugation stattfindenden Theilungen der primären Nuclei. Hier behalten die Kernplatten (wenigstens bei den Paramaecien, wo diese Verhältnisse sich bis jetzt allein näher erforschen liessen) ihre differenzirte Beschaffenheit bei, so dass der spindelförmig modificirte Kern in zwei ähnlich beschaffene zerfällt.

Bis hierher lässt sich das Verhalten der pflanzlichen Zellkerne mit den thierischen völlig parallelisiren; in den ferneren Erscheinungen jedoch zeigt sich, soweit es heutzutage möglich ist die Verhältnisse zu überschauen, ein sehr bedeutsamer Unterschied. Es tritt nämlich bei den pflanzlichen Zellen sehr gewöhnlich eine Anschwellung in den Mitten der Kernfäden ein, welche zur Bildung der sogenannten Zellplatte führt und diese Zellplatte bildet nun ein sehr wesentliches Moment nicht nur bei der Trennung der beiden Kernhälften selbst, sondern auch bei der Theilung der gesammten Zelle. Indem sich die Kernfäden in der Mittelebene zwischen den beiden verschmolzenen Kernplatten mehr und mehr ausbreiten, erreichen sie häufig fast die Wände der Zelle. Die Elemente der Zellplatte verschmelzen hierauf mit einander und bilden eine Hautschicht zwischen den beiden zu trennenden Zellen, die, wenn nöthig, von dem ausserhalb der Kernfäden liegenden Protoplasma ergänzt wird. Sodann tritt in dieser Haut-

schicht eine Spaltung ein und es wird Cellulose zwischen ihren beiden Platten abgelagert, wodurch schliesslich eine völlige Trennung der beiden neugebildeten Zellen sich herstellt. Die noch vorhandenen Kernfäden aber, werden allmälig in die neugebildete Hautschicht der jungen Zellen aufgenommen.

Strasburger bemerkt schon (pag. 213) mit Recht, zum Theil auf meine Untersuchungen an thierischen Zellen gestützt, dass diese Verwerthung der Kernfäden zur Bildung der Hautschicht eine speciell pflanzliche Anpassung zu sein scheine, vielleicht durch den Umstand veranlasst, dass die beiden, von einer eng anschliessenden Cellulosemembran umgebenen Zellen, sich nicht direct unter dem Einfluss ihrer Zellkerne von einander trennen könnten. Dies ist richtig mit der kleinen Einschränkung, dass sich die Andeutung einer Zellplatte bei *Nephelis* und den Schnecken sehr deutlich beobachten liess. Dagegen zeigte sich bis jetzt bei keinem Object ein Verhalten, ähnlich dem der Pflanzen, bezüglich der grossen Ausbreitung der Kernfäden und einer etwaigen Betheiligung derselben an der Herstellung einer Hautschicht.

An den sich theilenden Furchungskugeln liess sich das Schicksal der Kernfäden bis jetzt nur bruchstückweise verfolgen, jedoch deuten einige Bilder darauf hin, dass sich hier vielleicht etwas Aehnliches wie bei pflanzlichen Zellen, wiewohl in sehr reducirtem Maassstabe findet (vergl. *Succinea* Taf. IV. Fig. 20). Dagegen liess sich bei den Keimzellen der *Blatta germanica*, welches Object die sicherste Verfolgung der Kernfäden gestattete, ein Verhalten constatiren, welches dem der Pflanzenzellen völlig entgegengesetzt ist. Je weiter hier die Theilung fortschreitet, desto mehr schnürt sich auch der Kernfädenstrang in seiner Mitte ein und wird ohne Zweifel schliesslich in der Theilungsebene zerrissen, worauf seine beiden Hälften von den Tochterkernen aufgenommen werden. Dieser Vorgang erscheint um so plausibler, als wir für ihn in der Theilung der primären Nuclei der Infusorien ein völliges Pendant besitzen. Bemerkenswerther Weise habe ich bei diesen Objecten nichts von einer Zellplatte beobachtet, dennoch mache ich künftige Beobachter darauf aufmerksam, dass, wie schon die Abbildungen Balbiani's zum Theil sehr deutlich angeben und auch ich mehrfach gesehen habe, der Verbindungsstrang (Kernfädenstrang) der sich theilenden, primären Infusoriennuclei in seiner Mitte häufig etwas angeschwollen ist, eine Erscheinung, welche mit der Ausbildung einer Art von Zellplatte in Zusammenhang stehen könnte.

Ohne daher völlig in Abrede stellen zu wollen, dass bei thierischen Objecten zuweilen ein ähnliches Verhalten wie bei den pflanzlichen Zellen vorkomme — wobei also das Bemerkenswertheste wäre, dass bei der Theilung eine gewisse Menge von Kernmasse wieder zu Zellprotoplasma werde, die neuen Kerne sich daher je aus weniger als der Hälfte der ursprünglichen

Masse des Mutterkernes aufbauten — halte ich dennoch dieses Verhalten nicht für die Regel, sondern muss ein völliges Zerfallen der Mutterkerne in zwei Tochterkerne, ohne Verluste wie bei den Infusorien, als das gewöhnliche betrachten.

Eine Betheiligung der Kernfäden an der Bildung einer, die Tochterzellen scheidende Hautschicht, kann bei sämmtlichen, bis jetzt näher untersuchten thierischen Objecten nur in sehr geringem Maasse, wenn überhaupt stattfinden.

Die Neubildung der Tochterkerne sehen wir von den, zu je einer homogenen Masse vereinigten beiden Kernplattenhälften ausgehen, in gleicher Weise wie bei den Pflanzenzellen. Bei den Kernen der Furchungskugeln liess sich bis jetzt diese Verschmelzung nicht mit Sicherheit constatiren. Dennoch dürfte, wegen der grossen Uebereinstimmung, die sich in dieser Beziehung zwischen den pflanzlichen Objecten und gewissen, für die Untersuchung günstigen thierischen, wie den Keimzellen der *Blatta germaniea* und den embryonalen Blutkörperchen, zeigte, nicht daran zu zweifeln sein, dass sich auch in den ersterwähnten Fällen die minutiösen Kernplatten schliesslich vereinigen.

Es ist nun gewiss von Interesse, dass uns die primären Nuclei (Nucleoli) der Infusorien diesen homogenen, dichten Zustand der Kerne in ihrem normalen Zustand gewöhnlich präsentiren. Sie bestehen, wie bekannt, aus einer dichten, dunkelen, zuweilen sogar etwas glänzenden Masse, die häufig von einer zarten Hüllhaut umschlossen wird, manchmal fehlt jedoch auch diese Differenzirung einer Membran. Diesen primitiven Zustand verlassen sie nur während der Quertheilung und bei der Conjugation. Wichtig erscheint es nun, dass wir auch endogen sich neubildende Kerne bei pflanzlichen Objecten zuerst in einem solchen homogenen und dichten Zustand auftreten sehen. Am besten lässt sich nach Strasburger diese Entstehung der Kerne im Endosperm von *Phaseolus multiflorus* verfolgen. Hier tritt in dem ursprünglich homogenen und dichten Kern erst später eine Differenzirung durch Ausbildung von Vacuolen auf. Die erste Verdichtung zur Bildung eines Zellkernes lässt sich in fast punktförmiger Grösse bemerken.

Aus dieser Neuentstehung der Kerne und der ähnlichen Hervorbildung der Tochterkerne bei der Theilung, dürfen wir auch wohl den Schluss ziehen, dass der homogene und dichte Zustand überhaupt die ursprünglichste und einfachste Form des Auftretens der Kerne sei, dass es sich also bei der Kernbildung um nichts weniger als die Bildung einer Flüssigkeitshöhle im Protoplasma der Zelle handle, wie Auerbach will, sondern ein gerade umgekehrtes Verhalten sich finde.

Wir dürfen hieraus auch wohl den Schluss ziehen, dass die Neubildung der Kerne in der ersten Furchungskugel der Eier von solchen zuerst auftretenden, homogenen und dichten Körperchen anhebt, die sich durch Differenzirung sehr rasch zu kleinen Bläschen gestalten und in dieser Form ihr Wachsthum fortsetzen. Demnach erscheint es uns auch sehr unwahrscheinlich, dass ein Theil der Hautschicht der Eier selbst, wie Strasburger bei *Phallusia* annimmt, zu dem Kern sich umbildet, sondern die ersten Anlagen der Kerne sind kleine, verdichtete Körperchen in dieser Hautschicht oder vielmehr des hellen, homogenen Protoplasmas, welches sich an gewissen Stellen der Dotteroberfläche oder vielleicht auch zuweilen im Dotterinnern ansammelt.*)

---

*) Die völlige Neubildung, endogene Erzeugung, eines Kernes wurde bei thierischen Zellen seither kaum genauer beobachtet. Es sind mir nur die interessanten Untersuchungen E. van Beneden's über die Entstehung des Kernes in den sogen. Pseudofilarien der *Gregarina gigantea* bekannt, welche hierüber einigen Aufschluss geben (102). Es scheint mir nun, dass die Entstehung dieses Kernes sich an den oben näher erörterten Modus der Kernentstehung nahe anschliesse. Zuerst bildet sich nach van Beneden ein Nucleolus, d. h. es entsteht ein stark lichtbrechender, verdichteter Körper, der auch zuweilen deutlich von einem hellen, nicht scharf begränzten Hof umgeben ist. Um diesen sogen. Nucleolus lässt van Beneden die eigentliche helle Kernmasse sich ablagern, indem er sich jedenfalls vorstellt, dass der vorerwähnte, helle Hof sich allmälig schärfer gegen das umgebende Plasma abgränze, schliesslich eine deutliche Membran erhalte und so in die eigentliche Kernmasse übergehe. Ich muss jedoch auch hier die oben vorgetragene Anschauung geltend machen. Meiner Ansicht nach repräsentirt der sogen. Nucleolus van Beneden's den jugendlichen, homogenen Zustand des Kernes, an welchem sich späterhin eine äussere Schicht als Hülle differenzirt, die sich durch Ansammlung von Kernsaft von dem eigentlichen Kernleib, dem Nucleolus, abhebt. Der helle Hof um den jungen Kern hat meiner Ansicht nach die Bedeutung des hellen Protoplasmas, in welchem sich die jungen Kerne der ersten Furchungskugel hervorbilden.

van Beneden versucht an demselben Ort eine Unterscheidung der lebenden Substanz der Moneren oder Cytoden und der der kernhaltigen Zellen durchzuführen. Ausgehend von der Vorstellung, dass in dem Plasma der Cytode die Substanz des Nucleus und Nucleolus aufgelöst vorhanden sei und sich durch einen, der Krystallisation vergleichbaren Process bei der Bildung des Nucleus an einem Punkt der Cytode lokalisire, gelangt er dazu, die Masse der Cytode als Protoplasma plus Nucleussubstanz aufzufassen. Dieselbe müsse daher auch durch einen besonderen Namen, als Plasson, von dem Protoplasma der eigentlichen Zelle unterschieden werden.

Diese Anschauungsweise wurde von Häckel völlig adoptirt und als ein bedeutsamer Fortschritt hingestellt (103; pag. 105); dieselbe ist jedoch ebenso unhaltbar wie die Häckel'sche Unterscheidung der Zelle und Cytode und zwar nur die potenzirte Form dieser letzteren.

Einmal ist die Vorstellung, dass die Substanz des Nucleus in der Masse der Cytode einfach aufgelöst zu betrachten sei, eine völlige Annahme, die sich auf keinen thatsächlichen Grund stützt. Doch wenn wir dieselbe auch adoptiren, so sind wir, um die künstliche Unterscheidung v. Beneden's durchzuführen, sogleich genöthigt, eine zweite hinzuzufügen, nämlich die, dass die Nucleussubstanz ganz und gar bei der Bildung des Nucleus in der Cytode herauskrystallisire. Denn bleibt noch etwas zurück, so wird ja die ganze Unterscheidung hinfällig. Schliessen wir uns aber der van Beneden'schen Anschauung an, dass die Entstehung des Nucleus als eine Art Krystallisation der gelösten Nucleussubstanz zu betrachten sei, so sind wir gezwungen uns vorzustellen, dass bei der Bildung des Nucleus das Cytodenplasma mit gelöster Nucleussubstanz übersättigt sei, welcher Ueberschuss sich nun ausscheide. Die nothwendige Folge einer derartigen Vorstellung

Eine weitere Folge ist jedoch auch die Zusammengehörigkeit der sogenannten Membran der thierischen Kerne und deren Binnenkörper; beide sind Differenzirungsproducte eines ursprünglich homogenen Körperchens und es ist daher ganz verfehlt, wenn Auerbach die Membran der Kerne als eine vom umgebendem Protoplasma erzeugte Umhüllung auffasst. Bei der Neubildung der Tochterkerne durch Differenzirung der homogen gewordenen Kernplatten, ereignet sich aber in den Eiern verschiedener Thiere ein sehr bemerkenswerther Vorgang. Es differenziren sich nämlich ursprünglich nicht einer, sondern mehrere kleine Kerne, so namentlich bei *Cucullanus elegans*, ursprünglich auch bei *Nephelis* und vielleicht auch den Schnecken. Eine genaue Feststellung der ersten Momente dieses Vorganges liess sich bis jetzt durch Beobachtung nicht gewinnen. Man kann sich die Sache so vorstellen, dass die Elemente der Kernplatte sich nicht zu einem gemeinsamen Körper, sondern zu mehreren vereinigen, von welchen dann jeder für sich zu einem bläschenförmigen Kern sich differenzirt. Bei *Nephelis* haben diese Kernchen nur sehr kurze Zeit eine gesonderte Existenz, indem sie sehr bald verschmelzen; bei *Cucullanus* hingegen vereinigen sie sich erst relativ spät und nachdem sie bedeutend herangewachsen sind, zu einem Kern. Es fragt sich, ob diese Kernchen wirklich als völlig von einander gesondert zu betrachten sind oder ob sie von Anfang an in näherem Zusammenhang unter einander stehen. Ich habe früherhin das Vorhandensein einer zarten Hülle um die ursprüngliche Kernspindel betont; existirt sie auf diesem Stadium noch, so müssten diese Kernchen zusammen, als von einer zarten Hülle umschlossen betrachtet werden. Es scheint mir jedoch wahrscheinlicher, dass, wenn diese Hülle auch um die ursprüngliche Kernspindel existirte, sie doch bei der Verschmelzung der Elemente der Kernplattenhälften mit in diesen untergeht.

Es liegen eine Reihe von Beobachtungen vor, nach welchen ein ähnlicher Process der Bildung der Tochterkerne sich auch bei einer ziemlichen Zahl anderer Thiere in den Furchungskugeln findet.

---

ist aber, dass im Plasma eine Lösung von Nucleussubstanz zurückbleibt, die nicht zur Ausscheidung kam, dasselbe bleibt also Plasson.

Andererseits aber wissen wir, dass das Protoplasma gewisser Zellen (z. B. im Embryosack der Phanerogamen) die Fähigkeit bewahrt hat, neue Kerne endogen zu erzeugen, dieses Protoplasma wäre daher eigentlich Plasson.

Ich kann mich nicht der Ueberzeugung verschliessen, dass Begriffe, die wie die des Plassons und Protoplasmas im van Beneden'schen Sinne, einfach durch das plus oder minus eines Bestandtheiles bestimmt werden, dessen Eigenschaften, Entstehung und Bedeutung völlig unbekannt sind, sicherlich nur eine Scheinbedeutung besitzen.

Der Begriff des Kernes und damit seine Bedeutung für das gesammte Zellenleben, sowie seine Beziehungen zum Zellenbegriff überhaupt, wird erst dann eine sichere und feste Gestalt annehmen, wenn es gelingt, die physicalisch-chemischen Bedingungen seiner Entstehung und damit auch seine Natur genau festzustellen. Rein morphologische Betrachtungsweise ist hier nicht mehr zulässig und wird nichts neues zu Tage fördern.

So hat Oellacher (59) 1872 in den Furchungskugeln der früheren Stadien des Forellenkeimes nicht einen Kern, sondern Häufchen, welche aus fünf bis zwölf kleinen Kernchen bestanden, gefunden. Es gelang ihm jedoch auch einmal, den Nachweis eines einfachen, grossen Kernes vor Beginn der Furchung in dem Keime, nach Ausstossung des Keimbläschens, zu führen. Ausser solchen Häufchen grösserer und kleinerer, einfach rundlicher Kernchen, glaubt er jedoch auch die Existenz gewisser, meist grösserer Kerne nachweisen zu können, deren Rand mehrfach gekerbt erschien oder die mehr oder weniger tiefe Einschnitte besassen. Letztere Kerne hält er für Theilungszustände und lässt die Kernhäufchen daher durch vielfache Theilung des ursprünglich einfachen Kernes hervorgehen, hierauf bei der Furchung sich in die einzelnen Furchungsabschnitte vertheilen, bis schliesslich einkernige Elemente entstehen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass Oellacher einen falschen Weg zur Erklärung seiner interessanten Beobachtungen eingeschlagen hat; die grösseren, gelappten Kerne sind nicht in Theilung begriffen, sondern durch Verschmelzung der kleineren hervorgegangen. Auch hier verläuft jedenfalls die Theilung wie z. B. bei *Cucullanus*, nur ist die Zahl der sich neubildenden Kernchen eine viel grössere.

Balfour beschreibt in seiner vorläufigen Mittheilung über die Entwicklung der *Elasmobranchier* (pag. 326) eigenthümliche, zusammengesetzte Kerne aus dem Dotter unterhalb der Furchungshöhle. Auch die Kerne der Blastodermzellen selbst sollen die gleiche Structur ziemlich lang noch zeigen. Es dürfte gewiss zu vermuthen sein, dass auch in diesem Falle die eigenthümliche Structur der Kerne von ihrer Verschmelzung aus mehreren sich herleitet.*)

Auch die Beobachtungen Götte's (49) über die Furchung von *Bombinator igneus* lassen sich, wenn auch bis jetzt nicht in allen ihren Einzelheiten, mit dem von mir beschriebenen Modus der Kerntheilung bei wirbellosen Thieren in Einklang bringen. Welche Bedeutung dem sogenannten ersten Lebenskeim zukomme, der im Dotterkern der ersten Furchungs-

*) Vergl. F. M. Balfour, A preliminary account of the developement of the Elasmobranch Fishes. Quart. journ. of mikr. science. N. s. T. XIV. 1874. p. 323. T. XIII. Fig. 1 u. 2. Dass diese Dotterkerne neu entstehen, glaube ich nicht, möchte dagegen die Vermuthung aussprechen, dass dieselben bei der Ahtrennung der Blastodermzellen, die ja ursprünglich mit der Dottermasse noch durchaus zusammenhängen, eine bedeutsame Rolle spielen, indem nämlich eine Theilung des Kernes der Blastodermzellen in der Richtung nach dem Dottercentrum stattfindet, in Folge deren sich die Trennungsspalte der Blastodermzelle gegen den Dotter bildet. Der eine Tochterkern bliebe dann in dem Dotter und so entständen diese sogenannten Dotterkerne. Auch die Abschnürung der Blastodermzellen der Insecten gegen den Dotter dürfte wohl in ähnlicher Weise vor sich gehen, da Kowalewsky gleichfalls Kerne in dem Dotter nach Bildung des Blastoderms und in späteren Perioden der Entwicklung nachwies (vergl. 6; pag. 48—49). Kowalewsky scheint dieselbe Ansicht in Bezug auf diese Kerne zu haben, obgleich mir dies nach seiner Ausdrucksweise nicht recht klar ist.

kugel auftritt, möchte ich nicht unbedingt entscheiden. Wahrscheinlich ist er nicht etwa der Kern der ersten Furchungskugel selbst, sondern er entspricht einem Centralhof, in welchem sich dieser Kern erst hervorbildet. Der Theilungsvorgang dieses ersten Lebenskeimes entspricht vollständig dem Verhalten eines sich theilenden Kernes mit Einschluss der sogenannten Centralhöfe um die Kernenden. Es ist daher zu vermuthen, dass wirklich in diesem Lebenskeim der Kern der ersten Furchungskugel sich verbarg oder noch nicht zur Ausbildung gekommen war und desshalb nicht wahrgenommen wurde. Von der zweiten Theilung ab, liessen sich in diesen Lebenskeimen der Furchungskugeln kleine kernartige Gebilde wahrnehmen, die Götte'schen Kernkeime. In diesen Häufchen von Kernkeimen kann ich nun, ebenso wie in den entsprechenden Kernhäufchen Oellacher's, nichts anderes als die jungen Tochterkerne erkennen, die in bekannter Weise nach der Theilung des Mutterkernes, durch von verschiedenen Punkten der homogenen Kernplatten gleichzeitig anhebende Differenzirung, in mehrfacher Anzahl sich hervorbilden, schliesslich jedoch vor jeder weiteren Theilung zur Verschmelzung gelangen. Diesen Verschmelzungsprocess seiner Kernkeime lässt jedoch Götte erst auf einem sehr vorgerückten Stadium der Furchung eintreten, womit denn zuerst wirkliche Kerne sich hervorgebildet hätten, die sich nun in ganz anderer Weise vermehrten als die Lebenskeime etc. Ich halte, wie gesagt, auch die Götte'schen Beobachtungen derselben Deutung fähig, wie die meinigen, kann jedoch nicht unerwähnt lassen, dass die genaue Untersuchung des Kerntheilungsprocesses in den Eiern der Batrachier ohne Zweifel eine höchst schwierige ist, wie dies sich ja einmal aus der Ungunst des Objectes und dann auch der Beschwerlichkeit der Untersuchungsmethode ergibt. Ich habe selbst eine ziemliche Anzahl sehr feiner Schnitte durch frühe Furchungsstadien der Eier von *Rana temporaria* angefertigt, ohne jedoch über die in Frage stehenden Verhältnisse in's Klare kommen zu können. Was ich sah, ist wesentlich eine Bestätigung des Theilungsvorganges der Götte'schen Lebenskeime, ausserdem jedoch auch noch die höchst deutliche, radiäre Structur des Protoplasmas um die, schon in die Tochterzellen gerückten Hälften der Lebenskeime (Centralhöfe lichten Protoplasmas). Eine in Theilung begriffene Kernspindel etc. liess sich jedoch nicht auffinden, das Object ist jedoch auch sehr ungünstig. Hingegen sah ich in den kleineren, pigmentlosen Furchungszellen der Eier von *Rana esculenta* bei Untersuchung von Essigsäurepräparaten mehrfach ziemlich deutliche, feingestreifte, in Theilung begriffene Kernspindeln, ohne jedoch so klare Bilder davon erlangen zu können, dass ich ein näheres Eingehen auf diese Beobachtungen, welchen ich bis jetzt leider nur sehr wenig Zeit schenken konnte, für gerechtfertigt halten sollte. Immerhin habe ich die feste Ueberzeugung, dass auch das Ei der Batrachier, hinsichtlich der näheren Vorgänge während der Furchung

und speciell der Kerntheilung, keine Ausnahme macht, und dass namentlich auch die erste Furchungskugel schon ihren wahren Kern erhält.*)

Schliesslich liegen noch die Beobachtungen Fol's über die Entstehung der Kerne in den Furchungskugeln des Geryonideneies und neuerdings ganz ähnliche über den gleichen Vorgang im Ei der Pteropoden vor. Hier entstehen succesive in den Centren der auseinander gerückten Strahlensysteme ein bis zehn kleine Vacuolen, die schliesslich zu einer grossen verschmelzen, dem Tochterkerne. Dass diese Vacuolen ebenfalls kleine Kerne sind, ist nicht zu bezweifeln, so dass uns also auch hier der gleiche Modus der Formation der Tochterkerne entgegentritt, den wir so vielfach fanden.

Die Differenzirung der homogenen Kernplattenhälften manifestirt sich durch Aushöhlung derselben durch eine Vacuole zu einem Bläschen, in welchem eine gleichmässig granulirte Innenmasse oder einzelne grössere Binnenkörperchen sich erhalten. Dass die letzteren häufig durch Fäden in Verbindung mit der Bläschenwand stehen, darf uns nicht wundern, wie denn überhaupt durch diese Art ihrer Enstehung die mannigfachen Formen, in welchen sich die thierischen Zellkerne repräsentiren, zuerst verständlicher werden.

Je mehr ein Tochterkern wächst, desto mehr wird der Centralhof des ihm anliegenden Radiensystemes verkleinert und der erstere rückt mehr und mehr an die Stelle des letzteren selbst. Hieraus dürfte sich denn die gegründete Vermuthung ergeben, dass die Centralhöfe das Material zu dem Wachsthum der Kerne hergeben; dies besteht in Flüssigkeit und jedenfalls auch eigentlicher Kernmasse, die jedoch zum Theile auch noch durch die Einziehung der Kernfäden vermehrt wird, welche in einigen Fällen sicherlich stattfindet. Je mehr der Centralhof aufgezehrt wird, desto mehr muss natürlich der Kern in seine Stelle rücken, um die verschwundene Masse zu remplaciren. Hat schliesslich der Tochterkern sein Wachsthum vollendet, so ist der Centralhof völlig und mit ihm auch die Strahlung geschwunden.

Das erste Auftreten der Theilung des Zellenleibes selbst fällt etwa in die Zeit der Theilung der Kernplatte und des Auseinanderrückens ihrer Hälften. Die Strahlensysteme haben dann ihre grösste Ausdehnung erlangt und reichen durch den gesammten Dotter hindurch. In der zukünftigen Theilungsebne stossen sie auf einander, ohne dass ich hier schon eine

*) Ohne dass ich nöthig hätte, es besonders hervorzuheben, wird sich sowohl aus den, von mir im Verlaufe dieser Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen, als auch den daran geknüpften Betrachtungen ergeben, dass ich mich den Ansichten meines werthen Freundes Götte bezüglich der Bedeutung des Eies und der Dotterfurchung nicht anschliessen kann, sondern dass die in dieser Arbeit niedergelegten Beobachtungen, meiner Ansicht nach, jeden Gedanken an eine derartige Auffassung des Eies, der Dotterfurchung und der Bedeutung der Befruchtung völlig ausschliessen.

deutlich unterscheidbare Hautschicht wahrgenommen hätte, deren Ausbildung in anderen Fällen ich jedoch nicht läugnen will.

Es fragt sich nun vorerst, hat überhaupt der Kern und seine Umbildung einen Einfluss auf die Theilung der Zelle selbst oder ist dieser Vorgang davon unabhängig. Das letztere ist mehrfach behauptet und zum Theil darauf gestützt worden (Hydra), dass sich in gewissen Fällen während der Theilung gar keine Kerne fänden. Bei der Dotterfurchung halte ich jedoch dieses Fehlen der Kerne für sehr unwahrscheinlich und bin der festen Ueberzeugung, dass dieselben sich bei genauerer Untersuchung finden werden. Ich stimme mit Strasburger darin überein, dass ich dem Zellkern eine wichtige Rolle bei der Theilung zuschreibe, ja in ihm in vielen Fällen die nächste Ursache des eigentlichen Zerfalles der Zelle sehe. Dem steht nicht gegenüber, dass auch Kerntheilung ohne Zellentheilung vor sich gehen kann, denn die Wirkung des Kernes hat jedenfalls ihre Gränzen; sehr grosse Protoplasmamassen können daher nicht durch die Wirkung eines Kernes zur Theilung veranlasst werden, überhaupt aber wird die Wirksamkeit eines solchen in jedem einzelnen Falle von gewissen Bedingungen abhängen, die zu kennen heute noch nicht möglich ist.

Dass jedoch der Kern in einer ursächlichen Beziehung zu der Theilung der Zelle steht, scheint mir aus allen den Fällen mit Sicherheit zu folgen, wo derselbe während der Theilung excentrisch liegt. Hier entsteht regelmässig die Einfurchung an dem dem Kern zunächst gelegenen Theil der Dotteroberfläche, ja diese Erscheinung kann, wie z. B. bei der Dotterfurchung der Coelenteraten, so weit gehen, dass die Einfurchung überhaupt ganz einseitig verläuft. Hier liegt dann aber auch der Kern ganz ungemein weit vom Centrum entfernt, ganz oberflächlich.

Es kann nun nicht meine Absicht sein, hier eine Erklärung für alle die verschiedenen Modi der Zelltheilung zu versuchen, wie sie namentlich auf pflanzlichem Gebiet dadurch hervorgerufen werden, dass das Protoplasma der Zelle auf einen ganz dünnen Wandbelag beschränkt ist, die Hauptmasse derselben hingegen von einem Flüssigkeitsraum gebildet wird; ich will nur versuchen, eine Erklärung für das Einschnürungsphänomen der in Theilung begriffenen thierischen, durchaus protoplasmatischen Zellen zu finden. Ich glaube auch nicht, dass man, wie Hoffmeister meint, alle hierhergehörigen Erscheinungen zugleich erklären müsse, denn hierzu wäre es nothwendig, dass auch die Bedingungen, welche in den einzelnen Fällen vorliegen, genau bekannt wären und dies ist keineswegs so.

Zuerst muss ich jedoch die Strahlensyteme noch einmal in's Auge fassen, um ihre Bedeutung, wenn auch nicht sicher zu stellen, so doch wahrscheinlich zu machen. Fol, Strasburger und früher auch ich haben sie als Attractionscentren angesprochen, Auerbach

als durch Ausströmung des Kernsaftes hervorgerufene Erscheinungen. Wären sie nun auch in der That Attractionscentren irgend einer hypothetischen Kraft, die auf die polaren Dottermoleküle einen richtenden Einfluss ausübt, so bliebe dadurch das Phänomen der Zellentheilung und speciell der Dotterfurchung dennoch gerade so unverständlich wie früher; auch hat noch Niemand versucht, mittelst dieser beiden hypothetischen Anziehungsmittelpunkte den Zerfall einer Zelle in zwei Massen wirklich zu erklären.

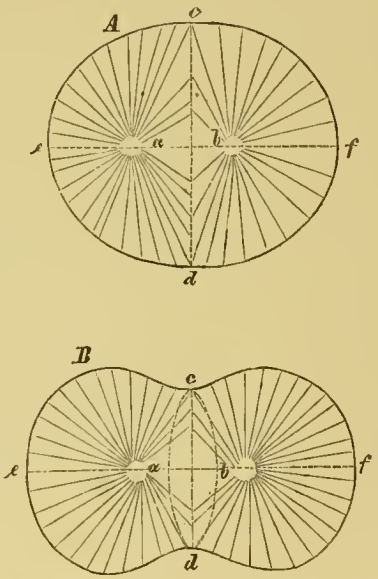
Vor einigen Jahren machte ich, bei Untersuchung der interessanten *Amoeba terricola* Greeff's, die damals nicht weiter beachtete Beobachtung, dass um jede in der Bildung begriffene Vacuole dieses Rhizopoden das umgebende Protoplasma eine zum Centrum der Vacuole gerichtete, radiäre Strahlung annahm (78; Taf. XXVI. Fig. 21). Wie ist nun diese Erscheinung zu erklären? Etwa dadurch, dass die sich bildende Vacuole als Attractionscentrum auf das umgebende Protoplasma wirke, oder bietet sich nicht etwa eine einfachere Vorstellung darin: dass bei dem Wachsthum der Vacuole, wobei also mit Wasser überladenes Protoplasma der nächsten Umgebung dieses in die Vacuole ausscheidet, neues aus der Umgebung heranzieht und so fort, dieser Process, den ich nicht mit Strömungen zu verwechseln bitte, zur Ursache der strahligen Erscheinung oder, wenn man lieber will, die Strahlenbildung zum optischen Ausdruck dieses Processes würde. Ich sehe hierin natürlich keine Erklärung, sondern nur eine Vorstellung des Zusammenhanges beider Erscheinungen.

Schliessen wir uns dieser Auslegung der strahligen Anordnung des Protoplasmas um die werdende Vacuole an, so müssen wir auch zugeben, dass die hier statthabenden Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge verlaufen können und dabei doch gleichfalls die strahlige Anordnung des Protoplasmas sich einstellen muss. Das heisst, dass wenn umgekehrt, nicht an einem Punkt des Protoplasmas eine Flüssigkeitsausscheidung, sondern an einer begränzten Stelle ein Eindringen von Flüssigkeit stattfindet, diese radiäre Strahlung gleichfalls um den betreffenden Punkt zur Ausbildung gelangen muss. Letzteren Fall, glaube ich nun, sehen wir bei der Kerntheilung der Furchungskugeln realisirt. Wir haben an den beiden Enden der Kernspindel in den Centralhöfen Anhäufungen von Flüssigkeit und vielleicht noch gewissen sehr wichtigen Stoffen, die vorher im Kern concentrirt waren. Von diesen, von dem umgebenden Protoplasma chemisch stark differenten Centralhöfen aus, muss daher eine allmälige Wechselwirkung, ein allmäliges Eindringen der Stoffe der Centralhöfe in das Protoplasma stattfinden, in Folge dessen die Strahlenerscheinung zur Ausbildung kommt.

Die Annahme lautet daher: dass die strahlige Anordnung des Plasmas um die Centralhöfe der Ausdruck einer von diesen ausgehenden, physicalisch-chemischen Aenderung des Plasmas

sei, wobei eine allmälige Abnahme dieser Aenderung von den Centralhöfen nach der Peripherie hin statt hat, welche von ersteren aus unterhalten wird.

Nehmen wir nun an — und dazu liegen trotz der Einwendungen, welche dagegen erhoben worden sind, die dringendsten Gründe vor — dass das Plasma den Grundgesetzen einer flüssigen Masse gehorcht. Betrachten wir nun die Wirkungen, welche eine derartige Aenderung der Beschaffenheit desselben auf die, als nahezu kugelförmig vorausgesetzte Plasmamasse haben muss. Indem die Aenderung von den beiden Centralhöfen a. und b. (Vergl. die nebenst. Fig. *A*) gleichzeitig ausgeht, ergibt es sich als eine nothwendige Folge,*) dass dieselbe in der Theilungsebne, deren Durchschnitt die Linie *cd* darstellt, am bedeutendsten ist; dass daher auch im Aequator der Kugel die Wirkung sich anhäufen und nach den Polen *f* und *e* hin abnehmen muss. Nun wissen wir aber andererseits auch, dass schon kleine chemische Aenderungen, im Plasma jedenfalls allein schon Differenzen im Wassergehalt, die Oberflächenspannung verändern. Dieser Fall muss daher bei unserer Kugel eintreten. Geschieht die besprochene Zusammensetzungsänderung des Protoplasmas der Kugel in dem Sinne der Vermehrung der Oberflächenspannung, so erhalten wir also eine Kugel mit ungleicher Oberflächenspannung, indem letztere vom Aequator nach den Polen hin abnimmt. Die Folge hiervon ist aber natürlich, dass die Protoplasmakugel ihre Gestalt aufgibt und entsprechend dem Gesetz, dass die Oberflächenspannung dem Krümmungshalbmesser umgekehrt proportional ist, wird sich erst ein Gleichgewichtszustand herstellen, wenn die aequatoriale Krümmung sich vermindert, die polare hingegen sich vermehrt hat. Die Kugel streckt sich daher in die Länge und nähert sich dem Ellipsoid. Die Veranlassung zu dieser Gestaltsveränderung dauert jedoch weiter fort und zwar, da jetzt die Pole sich von den Centralhöfen *a* und *b* noch mehr entfernen, dagegen der Aequator denselben näher gerückt ist, in erhöhtem Maase. Es findet also zunächst eine weitere Abflachung in dem Aequator und Zunahme der Krümmung an den Polen statt. Eine beständige Vermehrung des Moments der Oberflächenspannung im Aequator wird aber schliesslich zu einer Einfurchung



*) Es ist dies zwar nur unter gewissen Bedingungen über die Geschwindigkeit, mit der sich die vorausgesetzte Aenderung der Plasmabeschaffenheit verbreitet, richtig. Dieselben können jedoch wohl als vorhanden angenommen werden.

im Aequator führen müssen (Fig. *B*), da hierdurch der Cohäsionsdruck in der Furche durch die nach Aussen gerichtete, negative Componente bedeutsam vermindert wird. Die jetzt durch die Einfurchung entstandene Form und namentlich die spätere, wenn die Durchfurchung etwa bis zur Hälfte geschehen ist, macht eine genaue Erörterung der Vertheilung des Cohäsionsdruckes über die verschiedenen Partien der Oberfläche des Theilungskörpers sehr schwierig, mir speciell unmöglich. Sollte meine Erklärung ausreichen, so wäre ein Haupterforderniss, dass kein Theil der Oberfläche des Theilungsköpers je eine allseitig concave Einsenkung bilde, denn da in einer solchen der Cohäsionsdruck nach Aussen gerichtet ist, so könnte sie nur durch einseitig von aussen her wirkende Kräfte, die dem Cohäsionsdruck entgegenarbeiteten, zu Stande kommen. Die optischen Durchschnitte des Theilungskörpers lassen sich jedoch mit dieser Forderung, wie mir scheint, vereinigen. *)

So wenig ich auch überzeugt bin, dass der von mir versuchte Weg der Erklärung sich als richtig erweisen dürfte, so glaube ich dennoch, dass durch die eingeschlagene Art der Betrachtung des fraglichen Phänomens vielleicht mit der Zeit die richtige Erklärung gefunden werden könnte und dies veranlasste mich diesen Versuch auch in der rohen Gestalt, welche er jetzt noch besitzt, hier vorzulegen und der eventuellen Prüfung von, mit physikalischen Kenntnissen besser ausgerüsteten Forschern anvertrauen zu sollen.

Dass der seither beschriebene Modus der Kerntheilung nicht in allen Fällen der herrschende ist, lehren uns die Theilungserscheinungen der secundären Nuclei der Infusorien (der eigentlichen Nuclei der früheren Autoren). Wir haben Oben die Art dieser Theilung, die von dem einfach rundlichen oder wenig längsgestreckten Nucleus ausgehend, in einem ziemlich einfachen

---

*) Man ist vielleicht geneigt, diesen Versuch einer Erklärung des Phänomens der eigentlichen Furchung als einen ganz hypothetischen zu betrachten. Um zu zeigen, dass er das nicht ist, sondern dass vielleicht durch das Experiment die Möglichkeit einer derartigen Auffassung zu prüfen sein dürfte, erlaube ich mir hier auf einige physikalische Thatsachen hinzuweisen.

Dass die Oberflächenspannung der Flüssigkeiten schon durch sehr geringe Beimischungen anderer Stoffe sehr wesentlich geändert wird, ist bewiesen durch die so merkwürdigen Erscheinungen, welche die Annäherung verschiedener flüchtiger Körper, unter welchen sich namentlich der Kampher auszeichnet, auf eine Wasserfläche ausüben. Es gehört hierher das Phänomen des auf dem Wasser schwimmenden und sich lebhaft bewegenden Kampherstückchens und namentlich die Möglichkeit, dünne, auf einer reinen Glasplatte ausgebreitete Wasserschichten durch Annäherung eines Kampherstückchens geradezu zu spalten. Man kann in dieser Weise Erscheinungen hervorrufen, welche der Theiluug eines Protoplasmakörpers nicht unähnlich sehen. Die Zurückleitung dieser und einer grossen Anzahl sehr ähnlicher Erscheinungen auf eine, durch geringe Mengen aufgenommener Dämpfe veränderte Oberflächenspannung ist von G. van der Mensbrugghe durchgeführt worden und wird hauptsächlich dadurch bewiesen, dass Wasser, in welchem die betreffenden Substanzen vorher schon gelöst sind, die Erscheinungen nicht mehr zeigt (vergl. Sur la tension superficielle des Liquides. Mém. cour. et m. d. sv. étr. de l'Acad. roy. de Belgique. Tab. 34).

Zerfall in zwei, sich allmälig von einander abschnürenden Hälften besteht, näher betrachtet. Als besonders interessant und zur Vergleichung mit der typischen Nucleustheilung auffordernd, muss ich noch besonders hervorheben, dass die Theilung des Infusoriennucleus mit einer so bemerkenswerthen Umbildung seiner Masse verbunden ist, die hierbei eine durchaus faserige, jedoch ganz gleichmässige Beschaffenheit erhält. Wir müssen ungeachtet aller Abweichung in dieser Faserbildung einen Anschluss an den typischen Kerntheilungsprocess erkennen.

Schon Strasburger hat ausgesprochen, dass bei den Protozoën und insbesondere den Infusorien Abweichungen von dem gewöhnlichen Modus der Kerntheilung zu erwarten sein dürften, da wir ja bei diesen Organismen den höchsten Gipfel der Zellendifferenzirung als erreicht zu betrachten hätten. Dies ist nun auch in der That der Fall, wie die Verhältnisse zeigen und was noch viel eigenthümlicher durch den Zerfall des secundären Nucleus bei der Conjugation illustrirt wird. Dieser merkwürdige Theilungsprocess tritt, wie bekannt, in Folge der Conjugation bei *P. Aurelia* und *putrinum*, *Cyrtostomum leucas* und den Vorticellinen ein. Hier zerfällt der secundäre Nucleus, nachdem er wenigstens bei den drei erstgenannten Arten in ein vielfach verzweigtes Band ausgewachsen ist (ähnlich dem normalen Nucleus mancher Acinetinen) in eine grosse Zahl sehr kleiner Theilstücke, für die sich uns keine andere Auffassung als die ebensovieler kleiner Nuclei bietet. Principiell hiervon nicht verschieden ist das Verhalten des Nucleus der Hertwig'schen *Podophrya gemmipara* bei der Knospenbildung, indem sich hier einzelne angeschwollene Zweige des Nucleus als Nuclei der sich entwickelnden Knospen ablösen.

Gesicherte Beobachtungen über Kerntheilung der übrigen Protozoën liegen fast nicht vor, ich führe hier nur die vor kurzer Zeit von F. E. Schultze beobachtete Theilung eines Amoebenkernes (*A. polypodia* M. Sch.) an.*) Der Kern schnürte sich zuerst bisquitförmig ein, dann wurde die Einschnürungsstelle zu einem fadenförmigen Verbindungsstück und riss schliesslich durch. Nach der Kerntheilung erfolgte die der Amoeba selbst. Ueber feinere Structurverhältnisse des sich theilenden Nucleus ist nichts angegeben, obgleich solche wohl sicherlich vorhanden waren, sich jedoch dem Auge am lebenden Kerne verbargen. Es scheint, als wenn sich dieser Theilungsprocess dem der secundären Nuclei der Infusorien zunächst anschlösse, soweit eben die vorliegende Beobachtung ein Urtheil gestattet.

Mit wenigen Worten möchte ich noch auf eine Frage zurückkommen, welche nicht ohne Interesse ist. Wo sind nämlich die Ursachen zu suchen, welche in dem Kern die merkwürdigen

*) Zuerst mitgetheilt bei Flemming (27), später ausführlich geschildert im Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd. XI. pag. 592.

Umgestaltungen veranlassen, die schliesslich zur Theilung führen. Man könnte sich etwa vorstellen, dass auch die Ursachen dieser Vorgänge zunächst in dem Kerne selbst lägen und nicht nur die Bedingungen hierzu. Andererseits hingegen wäre es auch erlaubt, die nächste Ursache der Kernmetamorphose in einer Wirkung des umgebenden Protoplasmas zu suchen. So hat Auerbach die Sache aufgefasst, wenn er, nach Beschreibung der Veränderung und schliesslichen Lösung des Kernes, bemerkt: »Wenn ich übrigens soeben der Anschaulichkeit wegen alle Bewegungen als vom Kern ausgehend darstellte, so werden wir doch auch hier, wie bei früheren Gelegenheiten, nicht zweifeln können, dass das Active das Protoplasma selbst ist« (17; pag. 221). Hierfür ist jedoch irgend ein dem thatsächlichen Verhalten entnommener Beweis nothwendig. Ich hege auch dieselbe Vorstellung und sehe eine Begründung derselben darin, dass, wie wir dies namentlich bei der Conjugation, aber auch der gewöhnlichen Theilung der Infusorien hervortreten sahen, die primären Nuclei eines Thieres stets auf demselben Stadium der Entwicklung und namentlich der Theilung angetroffen werden. Ein so gleichmässiges Fortschreiten des Theilungsprocesses von z. B. vier getrennten Kernen drängt uns natürlich dazu, die nächste Ursache in dem umgebenden Protoplasma zu suchen, das auf die sämmtlichen Kerne in gleicher Weise wirkt. Eine weitere Illustration dieser Wirkung, dürfen wir vielleicht auch, in den von mir früher beschriebenen, mehrkernigen Spermatozoënkeimzellen finden, in welchen ebenfalls die zwei bis drei Kerne immer auf gleicher Theilungsstufe gesehen wurden. Aehnliches sahen wir denn auch bei den Theilungsvorgängen weisser Blutkörperchen.

Schliesslich seien mir noch einige Bemerkungen, bezüglich der schon von Strasburger aufgeworfenen Frage, gestattet, ob sich, aus der fundamentalen Uebereinstimmung der Kerntheilung der thierischen und pflanzlichen Zelle, auf eine gemeinsame Abstammung, eine Homologie beider schliessen lasse. Eine bestimmte Antwort auf diese Frage ist derzeit nicht möglich, wie ich mit Strasburger und aus den gleichen Gründen schliessen muss. Dagegen muss ich andererseits wieder, anschliessend an ihn, hervorheben, dass die interessanten Modificationen des Theilungsmodus, die wir bei pflanzlichen, namentlich aber auch thierischen Zellkernen finden, uns die übrigens von vornherein schon sehr begründete Vorstellung erwecken, dass wir es bei der mit der Theilung im Zusammenhang stehenden Kernmetamorphose keineswegs mit einem Vorgang von einfach physikalischer Natur zu thun haben, der sich etwa wie die Bildung eines Krystalles nothwendig in gleicher Weise ereignen müsste, wenn nur die stoffliche Grundlage unter gewissen physikalischen Bedingungen gegeben sei. Schliesslich muss ja die Vererbung auf den in den einzelnen Zellen bewirkten Veränderungen beruhen, die sich auch auf die Nuclei erstrecken, deren Eigenthümlichkeiten in gleicher Weise vererbt werden, wie uns die Infusorien in der mannigfachsten Weise zeigen.

Scheint es nun, da erwiesenermaassen der Theilungsprocess des Nucleus sehr stark modificirt werden kann und dieser abweichende Modus erblich ist, wahrscheinlich, dass die unter so verschiedenen Lebensbedingungen stehenden, thierischen und pflanzlichen Zellen eine so grosse Uebereinstimmung in dem Process der Nucleustheilung zeigen sollten, wenn dieser Vorgang nicht einmal in gleicher Weise für beide fixirt worden wäre?

Aus diesen Gründen möchte es mir daher wahrscheinlich dünken, dass die grosse Uebereinstimmung, welche hinsichtlich der Kerntheilung in der Thier- und Pflanzenzelle herrscht, eine Folge gemeinsamer Abstammung sei. Die Hauptschwierigkeit, welche die Beantwortung dieser Frage bietet, liegt wohl darin, dass uns in den Zellkernen Gebilde entgegentreten, die nicht wie die Zellen nachweislich stets von ihresgleichen abstammen, sondern welche sich in vielen Fällen als etwas völlig neues bilden.

Die ganze Frage selbst jedoch hat vielleicht bei näherer Betrachtung gar nicht die Bedeutung, welche man ihr anfänglich unterzulegen geneigt ist. Ob die grosse Uebereinstimmung im Verhalten des thierischen und pflanzlichen Zellkernes auf gemeinsamer Abstammung oder darauf beruht, dass ein derartiges Verhalten in ihrer Natur überhaupt und unabhängig von gemeinsamer Abstammung begründet ist, ist schliesslich ziemlich gleichgültig. Das Wesentliche hierbei ist die dadurch bewiesene völlige Identität des pflanzlichen und thierischen Nucleus und eben dadurch auch desjenigen Substrates, in und aus welchem derselbe sich bildet, des sogenannten Protoplasmas. Ob hier Abstammung im Spiele ist oder nicht, das Resultat bleibt sich darin gleich: dass nämlich die einfachste Pflanze und das einfachste Thier schliesslich auf dasselbe hinauslaufen, so dass man, selbst wenn sich genau nachweisen liesse, dass Pflanzen und Thiere einen ganz gesonderten, zeitlich und örtlich weit von einander geschiedenen Ursprung genommen hätten, in gewissem Sinne doch von einer gemeinsamen Abstammung beider reden könnte, da die Grundlage, aus der sie sich entwickelten, in allen wesentlichen Punkten dieselbe war.

3. Abschnitt. Ueber das Wesen und die Bedeutung der Conjugation der Infusorien, nebst Bemerkungen über Conjugation und Befruchtung im Allgemeinen.

Durch die vorliegenden Untersuchungen glaube ich gezeigt zu haben, dass die Conjugation der Infusorien in keiner Weise als die Einleitung einer besonderen Fortpflanzungsart aufgefasst werden darf, dass die aus ihr hervorgehenden Thiere wieder den Bau der normalen besitzen und weder im Verlaufe, noch nach der Conjugation eine besondere Art von Fortpflanzungskörpern produciren. Ich muss daher auch jetzt eine Fortpflanzung der Infusorien auf anderem

Wege als durch einfache Theilung oder Knospenbildung (die nur als eine Modification der Theilung aufzufassen ist), für nicht erwiesen halten.

Was hat nun aber, wird man fragen, die mit so complicirten Erscheinungen verbundene Conjugation unserer Thiere für eine Bedeutung, denn dass sie eine hohe Bedeutung für die gesammten Lebensverhältnisse eines Infusors besitze, bedarf keines Nachweises.

Allgemein mich ausdrückend, möchte ich sagen: Die Bedeutung des Conjugationsactes ist eine Verjüngung der ihn begehenden Thiere.

Die Wahrheit dieses Ausspruches lässt sich schon zum Theil in den äusserlichen Veränderungen, welche eine Reihe von Infusorien während und nach der Conjugation erfahren, erkennen. So sehen wir bei den Euploten und Oxytrichinen, soweit dies uns durch die schönen Untersuchungen von Stein und Engelmann bekannt ist, einen grossen Theil des Wimpernsystems der conjugirten Thiere zu Grunde gehen und gegen Ende der Conjugation, sowie nach Aufhebung derselben, sich neu anlegen. Das gleiche gilt für den Mund dieser Infusorien, der ebenso eine völlige Neubildung erfährt. So sahen wir auch bei *Colpidium Colpoda* den Verlust und die spätere Neubildung des Mundes eintreten. Bei *Bursaria truncatella* verlieren die conjugirten Thiere die complicirten Einrichtungen ihres Peristom's vollständig, die also späterhin wieder durch eine Neubildung ersetzt werden müssen. Bei den meisten Infusorien sind jedoch derartige Verjüngungen äusserer Theile bis jetzt nicht gefunden worden und finden daher auch wohl nicht statt. Dagegen erweisen nun meine Untersuchungen eine Verjüngung innerer Theile, nämlich des Nucleus, oder, wie ich ihn nun bezeichnen möchte, des secundären Nucleus.

Wir sahen, dass derselbe bei einigen Infusorien, so namentlich *Stylonichia Mytilus* und *pustulata*, sowie *Blepharisma lateritia* und dann mit aller Wahrscheinlichkeit auch bei *Colpidium Colpoda* und *Glaucoma scintillans* vollständig eliminirt wird und sich dafür aus den Producten des Nucleolus (des primären Nucleus) ein neuer bildet. Bei anderen Infusionsthieren hingegen, so *Euplotes Charon*, fanden wir, dass nur ein Theil des Nucleus ausgestossen wird, ein anderer hingegen zurückbleibt, um sich mit einem später neugebildeten Theil zu vereinigen.

Bei *Param. Bursaria* konnten wir uns überhaupt nicht auch nur von dem Verlust eines Theiles des alten Nucleus überzeugen, sondern sahen neben diesem einen neuen hervorwachsen, der schliesslich zur Vereinigung mit dem alten gelangte. Bei *P. Aurelia* und *putrinum* hingegen schlossen wir, dass sich, in ähnlicher Weise wie bei *P. Bursaria*, die Nucleusbruchstücke mit einem, während der Conjugation neugebildeten Nucleus vereinigen; sollte es jedoch vielleicht dennoch der Fall sein, dass das allmälige Verschwinden dieser Bruchstücke

des alten Nucleus auf ihre Ausstossung zurückzuführen sei, so würde ja das von mir betonte Verhalten nur um so schärfer zur Geltung gelangen.

In allen diesen verschiedenen Modificationen des Verhaltens leuchtet uns eines entgegen, nämlich die Verjüngung des alten, secundären Nucleus, die entweder so weit geht, dass er völlig neugebildet oder aber durch Hinzutritt eines neugebildeten zu dem alten vollzogen wird. Ich glaube daher nicht Unrecht zu haben, wenn ich das Wesen der Conjugation der Infusorien in einer Verjüngung der beiden vereinigten Individuen sehe, einer Verjüngung, welche sich hauptsächlich auf den secundären Nucleus erstreckt und wodurch dessen grosse Bedeutung für die Lebensprocesse unserer Thiere ohne Zweifel hinreichend beleuchtet wird, ohne dass sich jedoch auch schon genau bestimmen liesse, worin sich der Schwerpunkt seines Wirkens hauptsächlich concentrire.

Dass auch im eigentlichen Plasma der conjugirten Thiere ein reger Stoffumtausch stattfinde, erläutert wohl am ehesten die, nicht nur allein bei den Oxytrichinen, sondern auch noch bei anderen Infusorien eintretende, sehr reichliche Bildung feiner, dunkeler Körnchen im Plasma, welche die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere häufig relativ sehr undurchsichtig machen.

Durch diese Verjüngung während der Conjugation, erscheinen uns die aus ihr hervorgehenden Individuen, eo ipso schon sehr geeignet, zu den Stammvätern einer Reihe von durch Theilung sich fortpflanzenden Generationen zu werden, im Laufe welcher allmälig ein Sinken der Lebensenergie sich einstellt. Letzterer Umstand findet seinen Ausdruck darin, dass die Grösse der Individuen mehr und mehr sinkt, so dass schliesslich eine gewisse Minimalgrösse, welche jedoch keineswegs bei einer Art immer dieselbe ist, erreicht wird, worauf eine neue Conjugationsepoche mit Verjüngung eintritt.

Dieser Entwicklungsgang, der sich bei *P. putrinum* in zweimaliger Wiederholung hat nachweisen lassen, erklärt daher auch die eigenthümliche Erscheinung, dass es in den meisten Fällen sehr kleine Thiere sind, welche man in Conjugation trifft, eine Erscheinung, die gewiss sehr seltsam wäre, wollte man mit Balbiani gerade diese kleinsten Individuen zur Geschlechtsgeneration machen.

Den Ausspruch aber, welchen ich 1873 (78) nur vermuthungsweise wagte: »Dass das Phänomen der Infusorienconjugation sich den in der Organismenwelt anderweitig bekannten Conjugationserscheinungen wohl näher anschliesse, als dies seither vermuthet wurde,« glaube ich nun wirklich nachweisen zu können.

Was wir in dem Bereich der übrigen Protozoën von Conjugationserscheinungen kennen, ist relativ wenig. Wir wissen, dass dieselbe bei den Gregarinen sicher eine wichtige Rolle

spielt, obgleich ihr Eintreten im Verlaufe der Fortpflanzungserscheinungen nur als ein facultatives bezeichnet werden muss. Ebenso haben wir Kenntniss von ihrem vereinzelten Vorkommen bei den Rhizopoden, doch wurde den hierhergehörigen Erscheinungen bei dieser Abtheilung noch keineswegs hinreichende Aufmerksamkeit geschenkt, um uns in einzelnen Fällen Sicherheit über die Existenz der Conjugation an und für sich, geschweige die durch sie hervorgerufenen Erscheinungen zu geben.

Als erwiesen ist die Conjugation zu betrachten bei *Noctiluca miliaris* durch die Untersuchungen Cienkowski's (91), durch meine Untersuchungen bei *Arcella vulgaris* (80), wobei ich noch bemerke, dass schon Carter*) bei *Euglypha* und *Arcella* die Vereinigung von drei bis vier Individuen auffand, wiewohl ihn gerade dieser Umstand zweifelhaft machte, ob jene Vereinigung mit der Fortpflanzung in Beziehung stehe; er dachte aber hierbei jedenfalls zu sehr an wirkliche Begattung. Gerade die Vereinigung mehrerer Individuen spricht für Conjugation und schliesst die Deutung des Processes als eine Art Häutung aus, wie ich schon früher bemerkte. Bei *Difflugia* will Carter gleichfalls Conjugation gefunden haben. Bei *Cyphoderia margaritacea* und *Pleurophrys fulva* hat F. E. Schultze (85) wieder neuerdings, wie schon früher Archer, auf das häufige Vorkommen zweier, mit ihren Schalenmündungen vereinigter Individuen aufmerksam gemacht. Bei den Foraminiferen (*Triloculina*) liegen Beobachtungen von Gervais über paarweise Vereinigung mit nachfolgender Production lebendiger Jungen vor.**)

Vereinigung vieler Individuen von *Actinophrys* Sol ist schon lange bekannt, dieselben verschmelzen völlig, trennen sich jedoch häufig wieder. Bei *Actinosphaerium Eichhorni* führt die Conjugation nach den Untersuchungen Cienkowski's***) und Schneider's (87) wahrscheinlich zu der Fortpflanzung durch Encystirung; dem widerspricht jedoch F. E. Schultze (84), dagegen erkennt Greeff das facultative Auftreten der Conjugation vor dem Encystirungsprocess an (107; pag. 62). Bei den Radiolarien scheinen Conjugationserscheinungen bis jetzt noch nicht beobachtet worden zu sein.

In reichster und mannigfaltigster Ausbildung hingegen treffen wir die Conjugationserscheinungen in der niederen Pflanzenwelt an, wo sie bei den Tallophyten eine hervorragende Rolle im Gebiete der Fortpflanzungserscheinungen zu spielen berufen sind. Wenn wir jedoch die Conjugationserscheinungen der Tallophyten und hauptsächlich die der Zygosporeen und Zygomyceten, mit den bei den Infusorien sich findenden Verhältnissen vergleichen, so fällt uns

*) Ann. a. magaz. nat. history. 1856. II. ser. Vol. XVIII. p. 230. u. 1863. III. ser. p. 257.

**) Compt. rend. de l'Académ. 1847, p. 469.

***) Beiträge zur Kenntniss der Monaden. Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd. I. pag. 227.

sofort ein gewichtiger Unterschied auf; es ist dies nämlich die Thatsache, dass bei jenen Algen und Pilzen, wie überhaupt im Pflanzenreich fast durchgängig, eine völlige Verschmelzung (Copulation) der in Conjugation tretenden beiden Zellen stattfindet, wobei sich das Verschmelzungsproduct meist zu einer ruhenden Spore gestaltet. Nun finden wir zwar auch in der Infusorienwelt Conjugationen, die bis zur völligen Vereinigung der zusammentretenden, gleichen Individuen führen, doch habe ich schon früher betont, dass mir dieser, von Engelmann bei *Stylonichia* gefundene Process ein sehr ungewöhnlicher zu sein scheint. Andererseits haben wir aber auch bei den Vorticellinen eine Form der Conjugation, welche zur völligen Verschmelzung des einen, hier viel kleineren Individuums mit dem anderen, grösseren führt. Die während dieser Art der Conjugation an den Nuclei und, wie ich nach neueren Untersuchungen auch behaupten darf, den sogenannten Nucleoli auftretenden Entwicklungserscheinungen machen es gewiss, dass die im Gefolge dieser Conjugationsform stattfindenden Vorgänge sich denen der übrigen Infusorien nahe anschliessen. Da ich jedoch in einer anderen Hinsicht diesen höchst interessanten Conjugationsprocess der Vorticellinen später noch einmal zu betrachten haben werde, so gehe ich vorerst nicht näher auf denselben ein.

Ueberschauen wir aber die Conjugationserscheinungen auf pflanzlichem Gebiete näher, so treten uns doch eine Reihe von höchst interessanten Thatsachen entgegen, die einen Anschluss an die bei den Infusorien sich findenden Verhältnisse gestatten und zwar sind dies die Conjugations- oder Copulationsprocesse der Diatomeen (Bacillariaceen).

Durch die neueren Forschungen auf diesem Gebiete, namentlich die Arbeiten einiger englischen Forscher und die zusammenfassenden Untersuchungen von Pfitzer (93) und später Borscow*) und Schmitz, scheint es sichergestellt, dass die einzige Fortpflanzungsweise der Diatomeen die Theilung ist. Die sogenannten Conjugationserscheinungen führen in verschiedener Weise zur Bildung einer von ihren alten Schalen befreiten, sogenannten Auxospore, die sich eine neue, viel grössere Schale baut, hierauf durch Theilung fortpflanzt und so zur Stammform einer gewissen Reihe von Generationen wird, die sich mehr und mehr verkleinern, bis schliesslich, wenn eine Minimalgrösse erreicht ist, eine neue Verjüngungsepoche mit Auxosporenbildung eintritt und so fort.**)

---

*) Borscow, Die Süsswasserbacillariaceen des südwestlichen Russlands, insbesondere des Gouvernements Kiew, Cernigow und Poltawa. 1. Lief. Kiew 1873 (mir nur durch das Referat von Pfitzer [94; pag. 26] bekannt).

**) Diese Auffassung der Conjugation der Diatomeen wurde schon von A. Braun 1851 ausgesprochen, indem er sich auf die Untersuchungen von Thwaites stützte (vergl. Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851. pag. 141, Anmerkung).

Die Auxosporenbildung selbst kann jedoch in sehr verschiedenen Weisen vor sich gehen, von welchen uns hier hauptsächlich drei, die auch allein ganz sicher gestellt scheinen, interessiren. Einmal kann sich eine Mutterzelle direct, ohne Eintritt irgend welcher Conjugationserscheinung, zu einer Auxospore verjüngen (so *Melosira*, *Orthosira*, *Achnanthes*), aber auch zu zweien (*Rhabdonema*); oder aber es treten zwei Mutterzellen zusammen und bilden zwei Auxosporen, ohne jedoch wirklich zu verschmelzen, sondern nur durch Berührung oder kurze theilweise Vereinigung der Plasmakörper beider Zellen (so bei den *Naviculaceae* und *Gomphonemae*). Schliesslich finden wir auch Bildung einer Auxospore aus zwei Mutterzellen durch directe Copulation (Verschmelzung) ihrer beiden Plasmakörper.

Wir sehen also bei den Diatomeen eine nahezu vollständige Reihe der verschiedensten Modificationen der Copulationserscheinungen. Einmal wird das gewöhnliche Resultat der Copulation erreicht ohne jeglichen Zusammentritt zweier Individuen, dann ebenso durch völlige Verschmelzung und schliesslich durch blossen Stoffaustausch mittelst Diffusion oder während einer kurzen und localen Vereinigung der Plasmakörper zweier Individuen. Letzterer Fall schliesst sich direct an den gewöhnlichen Conjugationsprocess der Infusorien an. Bei den Diatomeen wie den Infusorien sind es die kleineren Generationen, die sich zur Conjugation anschicken, bei beiden ist der Erfolg der Conjugation eine Verjüngung der zusammengetretenen Individuen, wodurch sie zu den Stammeltern einer Reihe von durch Theilung sich fortpflanzenden und allmälig herabsinkenden Generationen werden, welche ihren schliesslichen Abschluss durch Eintritt einer neuen Conjugationsepoche finden.

Von höchstem Interesse erscheint uns hierbei der von den Diatomeen gelieferte Beweis, dass eine derartige Verjüngung gar nicht nothwendig eine vorhergehende Conjugation erfordert, so dass also die Conjugation nur als eine später zur Unterstützung herangezogene Einrichtung aufgefasst werden dürfte.

Ueberblicken wir die gesammte Reihe der Conjugationserscheinungen auf pflanzlichem Gebiet, so sehen wir als einen gemeinsamen Character stets die Erscheinung wiederkehren, dass das Conjugationsproduct sich einer erhöhten Fortpflanzungsthätigkeit durch Theilung erfreut, möge sich dieselbe nun durch die nach einer Ruhepause eintretende Keimung und Bildung einer neuen Pflanze oder durch Zerfall in Schwärmsporen, durch complicirte Sporenbildungsprocesse wie bei den Myxomyceten oder durch eine erhöhte Theilungsfähigkeit des, den zur Conjugation sich vereinigten Thieren gleichwerthigen Conjugationsproductes äussern, wie bei den Diatomeen.

Dasselbe finden wir auch bei den thierischen Conjugationsprocessen. Denen mancher Pflanzen

schliessen sich wohl zunächst die Copulationserscheinungen der Gregarinen an.*) Die Infusorien hingegen nähern sich, wie gesagt, in Bezug auf ihre Conjugationsvorgänge zum Theile wenigstens den Diatomeen. Die Conjugationserscheinungen der Rhizopoden und thierischen

*) In neuester Zeit hat A. C. J. Schneider (104) eine sehr merkwürdige Fortpflanzungsweise bei *Gregarina ovata* des Ohrwurms und *Gr. cuneata* des Mehlwurms beschrieben. Der Inhalt der grossen und kleinen Cysten treibt nämlich, nachdem sie in Wasser gelegt worden sind, lange Schläuche, die an verschiedenen Stellen die dicke Cystenhülle durchbrechen und nachdem sich ihre Enden geöffnet haben, eine grosse Anzahl kleiner, kern- und bewegungsloser, zu Ketten vereinigter Sporen entleeren, über deren zukünftiges Schicksal nichts mit Sicherheit ermittelt wurde. Bei *Gr. cuneata* hatte schon Stein 1848, wie auch Schneider angibt, diese Fortpflanzungsweise, jedoch nicht ganz vollkommen ermittelt. In den 1857 erschienenen *Icones zootomicae* von V. Carus findet sich jedoch eine von Stein herrührende Abbildung einer Cyste der *Gr. blattarum* aus dem Koth von *Blatta orientalis* (Taf. I. Fig. 5), wo Stein die Sporoducte Schneiders mit den durchtretenden Sporen schon völlig wie Letztrer wiedergiebt. Schneider hält eine derartige Fortpflanzungsweise für ohne allen Vergleich mit sonstigen bekannten Erscheinungen auf thierischem, wie pflanzlichem Gebiet, er glaubt höchstens an eine sehr entfernte Aehnlichkeit seiner Sporenkanäle mit den Pollenschläuchen denken zu dürfen. So fern liegt aber ein viel treffenderer Vergleich dieser Schläuche mit Erscheinungen bei der Fortpflanzung vegetabilischer Organismen nicht.

Bekanntlich bilden die Angehörigen der zuerst von A. Braun entdeckten, sehr merkwürdigen Gruppe einzelliger, schmarotzender Pilze, die sogenannten Chytridieen (Näheres über die Literatur vergl. bei de Bary [98; pag. 226]) ganz ähnliche Schläuche in Ein- oder Mehrzahl zur Entleerung der zahlreichen kleinen Schwärmsporen, in welche das gesammte Protoplasma des Pilzes bei der Fructification zerfällt. Der wesentlichste Unterschied bei der von Schneider beschriebenen Fortpflanzung der Gregarinen bestände darin, dass die Sporen cilienlos sind und daher nicht schwärmen und dass das Protoplasma der encystirten Gregarinen nur zum kleinsten Theil bei dieser Fortpflanzung verbraucht wird. Die Chytridieen sind jedoch äusserliche und innerliche Schmarotzer, die meist Pflanzen, jedoch auch niedere Thiere bewohnen. Finden sie sich im Innern von Algenzellen, so treiben sie die Sporenschläuche durch die Zellhaut in's Freie und ebenso verhalten sie sich auch dann, wenn sie Thiere, z. B. encystirte Infusorien inficirt haben. Stein beschrieb schon 1850 (Zeitschr. f. wiss. Zoologie III, pag. 475) eine eigenthümliche Fortpflanzung encystirter *Vorticella microstoma*, wo sich eine Anzahl Fortsätze von dem encystirten Vorticellenkörper erhoben, die Cystenwand durchbrachen, sich öffneten und eine grosse Zahl Schwärmsporen entleerten (vergl. auch 60; Taf. IV. Figg. 52 und 53). Dieselbe Erscheinung hat später Cienkowski bei encystirten *Nassula* (Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. VI, pag. 301) und Stein bei *Stylonichia pustulata* und *Oxytricha mystacea* beobachtet (67; Taf. IX. Fig. 16 u. pag. 105—106), zugleich aber darauf aufmerksam gemacht, dass hier sicherlich keine Fortpflanzung des Infusors, sondern die Entwicklung eines parasitischen Pilzes vorliege. Dieser Pilz gehört ohne Zweifel zu den Chytridieen; schon Cohn (Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. IX, pag. 143) wies auf die völlige Aehnlichkeit, welche diese Erscheinungen an Infusoriencysten mit den Fortpflanzungsvorgängen des *Chytridium endogenum* A. Br., das im Innern von Pflanzenzellen schmarotzt, haben.

Unter Berücksichtigung dieser Thatsachen ist es nun vorerst kaum möglich, den Verdacht völlig zu beseitigen, dass die von Schneider beschriebene Fortpflanzungsweise der Gregarinen nicht auch in das Gebiet der parasitischen Bildungen gehöre, die der Reihe nach als Fortpflanzungserscheinungen der Protozoën aufgeführt worden sind. Sollte aber hier wirklich ein Fortpflanzungsprocess der Gregarinen vorliegen, so bliebe nichtsdestoweniger seine grosse Uebereinstimmung mit der Sporenbildung der Chytridieen sehr bemerkenswerth. Ein zweiter Punkt, nämlich die Entstehung der Sporen der übrigen Gregarinen, der echten Pseudonavicellen, scheint mir jedoch in gleicher Weise für den nahen Anschluss der Fortpflanzungserscheinungen dieser Protozoen an ähnliche Processe auf pflanzlichem Gebiet zu sprechen. Es ist nämlich gewiss nicht zutreffend, den

Flagellaten harren noch einer näheren Untersuchung, dennoch scheint es mir sehr wahrscheinlich, dass die Zoosporenbildung der *Noctiluca*, die Bildung der Amoebenbrut bei *Arcella* und der Keimkugeln von *Actinosphaerium* mit Conjugation in Zusammenhang steht, obgleich es uns keineswegs unbegreiflich erscheinen würde, wenn diese Fortpflanzungsprocesse auch zuweilen ohne vorherige Conjugationsprocesse eintreten würden. Ueber die Encystirung des *Actinosphaerium* hat neuerdings Greeff (107) eine sehr interessante Mittheilung gegeben, nach welcher das *Actinosphaerium* innerhalb seiner Cyste zuerst durch Theilung in zehn bis zwölf Kugeln zerfalle, die sich nun ihrerseits durch paarweise Verschmelzung zur Hälfte reducirten. Diese Vorgänge bieten uns bemerkenswerthe Beziehungen zu gewissen, mehrfach behaupteten, wenn auch, wie es scheint, noch nicht mit völliger Sicherheit erwiesenen Erscheinungen bei der Conjugation der Diatomeen. So wurde von Borscow neuerdings, wie früher schon von Johanna Lüders, angegeben, dass jede Mutterzelle der zusammengetretenen Cocconemen sich zu zwei Tochterzellen theile, die sich später wieder zur Bildung der Auxospore vereinigten. Dem widerspricht jedoch Schmitz. Ebenso nach Lüders auch bei *Achnanthes subsessilis*, wo jedoch gar kein wirklicher Conjugationsact stattfindet und nur eine Mutterzelle den erwähnten Process durchmacht (Bot. Zeitung. 1862. p. 86).

Auf botanischem Gebiete ist es seit langer Zeit anerkannt, dass von der einfachen Copulation zweier, soweit sichtbar, gleichwerthiger Individuen ein ganz allmäliger Uebergang zur wirklichen Befruchtung, der Verschmelzung von sehr ungleichwerthigen Individuen, der Oospore und des Spermatozoids oder doch dem diffusionellen Austausche*) der männlichen und weiblichen Geschlechtsproducte, wie namentlich bei den höheren Pflanzen, hinüberführt. Diese schon in den fünfziger Jahren von de Bary (95) ausgesprochene Ansicht hat neuerdings durch

---

Entstehungsprocess der Pseudonavicellen einfach mit einem Furchungsprocess zu vergleichen, wie dies schon mehrfach geschah (vergl. Kölliker [92] und Claus, Lehrbuch der Zoologie, 3. Aufl. pag. 146). Es scheint vielmehr, dass es sich hierbei, in ähnlicher Weise wie z. B. bei der Sporenbildung der Chytridieen und mancher anderen Pilze, um eine endogene Erzeugung handelt, der wahrscheinlicher Weise, ebenfalls wieder ganz wie bei gewissen Chytridieen (vergl. de Bary und Woronin, Beiträge zur Kenntniss der Chytridieen. Bericht der naturf. Gesellsch. z. Freiburg. Bd. III. 3. Heft, pag. 22), eine Theilung der encystirten Gregarine in eine Anzahl Kugeln vorausgeht (vergl. Lieberkühn für die *Monocystis* des Regenwurms). Immerhin erfordert jedoch dieser Punkt in der Fortpflanzungsgeschichte der Gregarinen noch weitere Aufklärung.

In einer mir erst nachträglich bekannt gewordenen, neuen Mittheilung (Compt. rend. 1875, pag. 432) hat Schneider die Aehnlichkeit zwischen der von Stein und ihm beschriebenen Fortpflanzungsweise gewisser Gregarinen mit der der Chytridieen anerkannt, glaubt dieselbe jedoch nur für eine äusserliche Analogie halten zu dürfen.

*) Auch eigentliche Conjugationsprocesse scheinen sich ja zuweilen durch blossen Diffusionsaustausch zwischen den zusammentretenden Individuen zu vollziehen, wie die Diatomeen und Peronosporeen lehren.

die Pringsheim'sche Entdeckung der Conjugation der Schwärmsporen bei Volvocineen (*Pandora morum*) und die hieran geknüpfte, morphologische Vergleichung der beiderlei Geschlechtsproducte bei höheren Pflanzen eine wesentliche Stütze erhalten. Dagegen hat jedoch kürzlich Cienkowski bemerkt, dass man in den einfachen Verschmelzungserscheinungen, so namentlich bei Actinosphaerium, den Myxomyceten, Zoosporen und Noctilucen keine wirkliche Befruchtung, sondern nur eine beschleunigte Ernährung oder, wie er auch sagt, Assimilation zu erkennen habe (91). Dieselbe Ansicht ist später von Hertwig und Lesser hinsichtlich der so häufigen Verschmelzung vom *Actinophrys* Sol geäussert worden (76).

Selbst wenn man die keineswegs klare Vorstellung der erhöhten Ernährungsfähigkeit der durch Verschmelzung entstandenen Individuen zugibt, so kann es doch andererseits keinem Zweifel unterliegen, dass Verschmelzungen ganz derselben Art auch direct zu der Einleitung eines Fortpflanzungsprocesses führen, der sich auf das innigste an den durch wirkliche Befruchtung hervorgerufenen Vermehrungsprocess anschliesst, wo von einer erhöhten Assimilationsfähigkeit meist keine Rede sein kann. Es ist daher gewiss gerechtfertigt anzunehmen, dass auch in diesen einfachsten Verschmelzungsprocessen, selbst wenn sie zunächst nur eine Erhöhung der Assimilationsfähigkeit zur Folge hätten, dennoch nebenherlaufende Einflüsse zur Wirkung kommen, die jenen entsprechen, welche wir bei der wahren Befruchtung als wirksam voraussetzen müssen. Je mehr diese Letzteren in erhöhtem Maasse zur Geltung kommen, desto mehr wird sich der ganze Vorgang einer wirklichen Befruchtung nähern. Eine Potenzirung der Wirkung ist ja an und für sich gewiss, wenn wir das männliche Conjugationsindividuum mehr und mehr an Grösse gegen das weibliche abnehmen sehen.

Ich glaube daher sicher, dass nichts im Wege steht, die Verschmelzungsprocesse der einzelligen, niederen Organismen mit dem Befruchtungsact zu vergleichen*) und in diesen Vorgängen die ersten Anfänge zur Ausbildung der Geschlechtsverhältnisse zu erkennen, von denen es sicher ist, dass sie schon auf den niedersten Stufen der Organisation zu einer relativ hohen Ausbildung und Bedeutung gelangt sein müssen, da sie in so übereinstimmender Weise schon an den tiefsten Grenzen der beiden organischen Reihen angetroffen werden.

Auf dem Gebiete der Thierwelt ist es seither nicht in der Weise wie in dem Pflanzenreich versucht worden, Conjugation und Befruchtung als zwei wesentlich gleiche Vorgänge zu betrachten. Einmal war der Befruchtungsact trotz aller Untersuchungen in mancher Hinsicht immer noch etwas zweifelhaft und dann fehlte es an hinreichenden Untersuchungen über

*) Schon Joh. Müller verglich 1838 in seinem Lehrbuch der Physiologie die Conjugation der Algen mit der Befruchtung (Bd. 2. pag. 656).

Conjugationserscheinungen auf thierischem Gebiete überhaupt, denn die Conjugation der Infusorien war völlig missverstanden worden.

Jetzt aber ist es, wie ich glaube, gestattet, die Conjugationserscheinungen der Infusorien mit dem Befruchtungsvorgang selbst zu vergleichen und der nähere Verlauf beider Processe wird uns sogar einige Anhaltspunkte liefern, welche die Berechtigung dieses Vergleiches bedeutsam zu erhöhen im Stande sind.

Der Befruchtungsact läuft bei den höheren Thieren, so weit bekannt, auf eine völlige Verschmelzung von Spermatozoon und Eizelle hinaus. Die gewöhnliche Art der Conjugation der Infusorien unterscheidet sich hiervon, da eine völlige Verschmelzung nicht stattfindet. Bei den Vorticellinen hingegen sehen wir in der That, wie die aus mehrfacher Theilung hervorgegangenen, kleinen Knospensprösslinge, die männlichen Individuen, einen völligen Verschmelzungsprocess mit den grösseren weiblichen Individuen eingehen. Hier haben wir also schon eine völlige Differenzirung der zur Conjugation gelangenden Individuen und damit verbunden eine totale Verschmelzung derselben. In ihrem Wesen unterscheiden sich jedoch die Conjugationsvorgänge der Vorticellinen nicht von jenen der anderen Infusorien, wie ich auf neuere Untersuchungen derselben gestützt, mit Bestimmtheit behaupten kann. Bei der Mehrzahl der Infusorien hingegen, wo eine Verschmelzung nicht stattfindet und die sich conjugirenden Individuen völlig gleichwerthig, auch bezüglich der in Folge der Conjugation eintretenden, eigenthümlichen Umbildungsprocesse, erscheinen, müssen wir jedes Individuum gegenüber dem anderen als das männliche betrachten und umgekehrt. Man kann daher hier wirklich von hermaphroditischen Plastiden im Häckel'schen Sinne reden (vergl. Häckel, Generelle Morphologie. Bd. II. pag. 61).

Betrachten wir uns aber die in Folge der Befruchtung oder Conjugation statthabenden Processe, so fällt uns sogleich ein Umstand auf, dessen Bedeutung zwar leider bis jetzt wegen mangelnder Untersuchungen nicht ganz zu würdigen ist, der jedoch so wichtig erscheint, dass er eine nähere Besprechung verdient.

Wir sahen bei einer Anzahl Infusorien in Folge der Conjugation eine völlige Ausstossung des secundären Nucleus stattfinden und haben andererseits beobachtet, dass nach der Befruchtung der Kern der Eizelle eliminirt wird. Wir würden nicht anstehen, diese beiden Erscheinungen in näheren Zusammenhang zu bringen, wenn eben bis jetzt eine grössere Uebereinstimmung darüber erreicht wäre, ob die Kernausstossung der Eizelle thatsächlich eine Folge der Befruchtung sei. Ich glaube nicht, dass bis jetzt bei einem Thier mit völliger Sicherheit der Nachweis erbracht ist, dass diese Ausstossung wirklich vor der Befruchtung sich ereignen kann;

aber es ist natürlich, bei den sich entgegenstehenden Ansichten der Forscher, in dieser Frage vorerst keine Sicherheit zu erreichen. *)

Eine zweite Art, sich der Lösung derselben zu nähern, wäre die Untersuchung der Entwicklung unbefruchteter Eier. Bis jetzt ist bei keinem unbefruchtet sich entwickelnden Ei, namentlich den zu diesen Beobachtungen geeigneten Sommereiern der Räderthiere, ein Richtungsbläschen gesehen worden, es haben aber die Untersuchungen nicht den Grad von Sicherheit, um die Nichtausstossung des Eikernes im unbefruchteten Eie zu erweisen.

Eine weitere Frage erhebt sich, wenn wir die Neubildung des Kernes der ersten Furchungskugel bei den thierischen Eiern betrachten. Bei der Neubildung des secundären Kernes der Infusorien, in Folge der Conjugation, sahen wir, dass dieselbe von den in rudimentärem Zustand vorhandenen, primären Kernen (den sogen. Nucleoli) ausgeht. Nun lässt sich aber mit Recht die Frage aufwerfen, ob denn die in der ersten Furchungskugel sich bildenden Kerne wirklich völlige Neubildungen darstellen? Durch die Verschmelzung mit dem Spermatozoon

*) Ich muss hier daran erinnern, dass es nach den Untersuchungen von Selenka über die Entwicklung von *Purpura lapillus* den Anschein hat, als wenn bei dieser Schnecke, deren Eierkapseln bekanntlich mehrere hundert Dotter enthalten, von welchen sich jedoch nur ganz wenige zu Embryonen entwickeln, eben nur diese letzteren Dotter wirklich befruchtet worden seien. Aus den Mittheilungen Selenka's scheint sich ferner zu ergeben, dass nur aus den sich entwickelnden Dottern die Richtungsbläschen austreten, obgleich auch die unfruchtbaren Dotter einen unregelmässigen Zerklüftungsprocess zeigen. Möglicherweise liegt hier ein sehr geeignetes Object zur Entscheidung der oben aufgeworfenen Frage vor (vergl. Selenka, Die Anlage der Keimblätter bei *Purpura lapillus*. Niederl. Archiv f. Zoologie. Bd. I. 1872). Ich darf hingegen auch nicht verschweigen, dass nach Lacaze-Duthiers bei Dentalium die Richtungsbläschen auch aus nicht befruchteten Dottern austreten sollen (vergl. Lacaze-Duthiers, histoire de l'organisation et du développem. du Dentale. 2. part. Ann. des. sciences nat. Zoolog. 4 sér. T. VII.) L.-D. bemerkt p. 208: „Je puis en toute certitude affirmer qu'elle n'est pas la conséquence de la fécondation, puisque je l'ai rencontrée dans la coque d'oeufs pondus par une femelle isolée, et n'ayant pas été en raport avec les mâles. C'est une observation importante qu'il m'a été donné de répéter plusieurs fois. *Il faut cependant ajouter que la sortie de la goutelette* (Richtungskörperchen Ref.) *est moins constante dans le cas de nonfécondation, et qu'elle est aussi moins régulière.* J'ajoute pour ne laisser aucun doute sur le valeur des observations, que les oeufs étaient tous trop frais pour qu'on put supposer une altération semblable à celle dont j'ai parlé plus haut" (dass sich nämlich unter pathologischen Verhältnissen von der Dotteroberfläche Sarkodetröpfchen ablösen, s. p. 207). Ich unterlasse es, die Tragweite dieser wichtigen Beobachtung von Lacaze-Duthiers etwa dadurch in Zweifel ziehen zu wollen, dass Clarke (Ann. a. magaz. of. nat. history. 2 s. vol. IV. 1849. p. 328) in dem Ovarium zuweilen spermatozoonartige Fäden gesehen haben will. Erinnern wir uns noch der früher angeführten Untersuchungen von Bischoff (111), der bei unzweifelhaft unbefruchtet gebliebenen Eiern vom Schaf und Schwein Richtungsbläschen gefunden haben will, so scheint die Wage sich mehr der Ansicht zuzuneigen, welche die Ausstossung des Keimbläschens als unabhängig von der Befruchtung betrachtet. Dagegen muss ich wieder die Beobachtungen A. Müller's (113) hervorheben, der bei Petromyzon die eigenthümlichen Prozesse, welche zur Ausstossung der Richtungsbläschen führten, nur in befruchteten Eiern wahrgenommen hat. Auch Quatrefages sah bei *Teredo* in den unbefruchteten Eiern die Richtungsbläschen nicht erscheinen, scheint dieselben jedoch nicht lange genug verfolgt zu haben, um ihr Nichtauftreten mit Sicherheit zu entscheiden.

wird der Eizelle auch noch ein zweiter Kern, nämlich der des Samenkörperchens, zugeführt, der in den reifen Samenfäden meist in einem ähnlich verdichteten Zustand sich findet, wie ihn die primären Nuclei der Infusorien gewöhnlich zeigen. Was geschieht nun mit diesem Kern, geht er zu Grunde oder liefert er durch Theilung die Anlagen, aus welchen die Kerne der ersten Furchungskugel hervorwachsen. Obgleich die Lösung dieser Frage durch Beobachtung vorerst auf vielleicht unüberwindliche Schwierigkeiten stossen dürfte, glaube ich dennoch, dass die Analogien mit dem Conjugationsvorgang der Infusorien ihre Entscheidung in dem letztgenannten Sinne sehr viel wahrscheinlicher machen. *)

Das Verhalten des oder der Zellkerne bei den Conjugationserscheinungen anderer Organismen lässt, so weit darüber bis jetzt etwas bekannt ist, keine Analogien mit dem bei den Infusorien gefundenen Verhalten erkennen. Bei *Noctiluca miliaris* sollen nach Cienkowski die Nuclei der conjugirten Thiere entweder gesondert bleiben oder verschmelzen (91); ebenso sollen bei der Copulation der Acinetinen die Nuclei verschmelzen (vergl. Clap. und Lachm. [62]); bei *Actinosphaerium Eichhorni* findet sich vielleicht gleichfalls eine Vereinigung der Nuclei nach den Untersuchungen Schneider's. Eine derartige Nucleusvereinigung darf vielleicht auch als ein Verjüngungsprocess aufgefasst werden, sie jedoch einen Conjugationsprocess mit Schneider zu bezeichnen, halte ich nicht für angezeigt, da hierdurch der Begriff der Conjugation, der sich auf die Zelle als solche bezieht, auf einen Theil derselben übertragen wird, wodurch vorerst nur Verwirrung hervorgerufen werden dürfte.

---

*) Häckel's erste ontogenetische Entwicklungsstufe, das sogenannte Monerulastadium, den Cytodenzustand der Eizelle, nach Verschwinden des Keimbläschens, kann ich vorerst nicht anerkennen (vergl. hauptsächlich „die Gastrula u. die Eifurchung der Thiere". Jenaische Zeitschrift. Bd. IX. p. 137). Bei sehr vielen Thieren wird, wie hervorgehoben, das Keimbläschen erst nach der Befruchtung, Concrescenz mit einem Spermatozoon, eliminirt. In diesem Fall ist es daher voreilig, von einem Cytodenzustand der Eizelle zu sprechen, bevor irgend ein Nachweis darüber erbracht ist, was mit dem Spermatozoon und speciell dessen Kern geschieht. Denn durch die Vereinigung mit dem Spermatozoon erhält die Eizelle einen Kern zugeführt, ist also auch nach Ausstossung des Eikernes nicht kernlos. Ich muss um so mehr auch die theoretisch nothwendige Voraussetzung eines Monerulastadiums verneinen, als wir ja bei Protozoën (speciell Infusorien) jetzt mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit das Vorkommen eines Cytodenstadiums bezweifeln müssen und dennoch wird man wohl keinen Anstand nehmen, dieselben phylogenetisch von einem ursprünglichen Cytodenzustande herzuleiten. Es darf als eine Eigenthümlichkeit der Zelle betrachtet werden, dass sie ihre Organisation, bei ihrer jedenfalls ursprünglichsten und einfachsten Fortpflanzungsweise durch Theilung, auf ihre Sprösslinge überträgt; es ist daher auch theoretisch vorerst nicht einzusehen, dass eine zur Bildung eines Kernes gelangte Zelle im Laufe ihrer Entwicklung nothwendig wieder einmal zum Cytodenzustand zurückkehren müsse. Der Cytodenzustand der Eizellen wird auch von Häckel als ein Rückschlag in Anspruch genommen, ein Rückschlag aber kann wohl einmal oder häufiger vorkommen, ist jedoch an und für sich keine Forderung des biogenetischen Grundgesetzes.

Bei den Myxomycetenschwärmern sollen nach de Bary die Kerne und die contractilen Vacuolen im Moment des Verschmelzens verschwinden, ein Verhalten, welches, wenn richtig, doch etwas gegen die Assimilationshypothese Cienkowski's spricht. (98; p. 304.) Sachs hingegen gibt in der 4. Auflage seines Handbuches (p. 267) eine etwas andere Darstellung, es heisst da: „späterhin verschwindet der Zellkern der Amoeben, ihre Bewegung wird träger und die Conjugation beginnt." Hiernach scheint also der Kern auch schon vor der Conjugation schwinden zu können. Andere Beobachtungen sind mir hinsichtlich des Verhaltens der Zellkerne bei der Copulation nicht bekannt.

Halten wir an dem Vergleich der sich conjugirenden Infusorien und der Befruchtung fest, und ich glaube gezeigt zu haben, dass die Berechtigung hierzu nicht fehlt, so folgt hieraus auch die Möglichkeit, das fernere Verhalten der Conjugationsproducte, also in dem einen Falle das des verjüngten Infusors, in dem anderen das der befruchteten Eizelle, zu vergleichen. In beiden Fällen sehen wir eine energische Vermehrung durch Theilung eintreten, die in dem letzteren Falle zur Bildung eines vielzelligen Organismus, in dem ersteren hingegen zur Entstehung einer Reihe von Generationen führt, von welchen man annehmen mag, dass sie ihren Abschluss gefunden haben, wenn die ersten zwei Thiere sich wiederum zur Conjugation anschicken. Morphologisch müsste man daher die Summe aller der Einzelindividuen dieser Generationen, mit einem, aus der Eizelle hervorgegangenen und sich selbst wieder zur Eibildung anschickenden, vielzelligen, höheren Organismus vergleichen. Denken wir uns die aus einem conjugirten Infusor, z. B. einer Vorticelle*) mit knospenförmiger Conjugation, hervorgegangenen Individuen sämmtlich zu einer Colonie vereinigt (z. B. ähnlich wie die Flagellaten-Colonien und die Häckel'schen Cattalacten) und lassen wir die Fähigkeit zur Conjugation, allmälig auf gewisse Zellen der Colonie (vielleicht ursprünglich nur die in der Theilung am weitesten fortgeschrittenen) durch Eintritt von Arbeitstheilung sich localisiren, welche Zellen dann zu den Stammältern neuer Colonien würden, so erhalten wir das Bild eines einfachsten thierischen Organismus mit geschlechtlicher Fortpflanzung.

*) Ich brauche wohl hier kaum besonders zu bemerken, dass ich nicht etwa die Vorticellen zum Ausgangspunkt mehrzelliger Thiere machen möchte. Es ist jedoch vielleicht nicht uninteressant hinsichtlich eines solchen Entwicklungsganges, dass ich bei meinen Untersuchungen auf Flagellaten-Colonien stiess, welche den ersten Schritt zur Bildung einer physiologischen Individualität gethan zu haben schienen, indem mir ihre Fortpflanzung durch spontane Theilung der gesammten Colonien fast unzweifelhaft wurde.

Anhang.

Nachdem ich das Manuscript der vorliegenden Abhandlung schon im Laufe des Octobers 1875 vollständig bis auf einige literar-historische Zusätze abgeschlossen hatte — die beschriebenen Beobachtungen hatten ihren Abschluss schon in der Mittes dieses Jahres gefunden*) — wurde ich durch das Erscheinen zweier Arbeiten überrascht, die zu innig mit dem Gegenstande meiner Untersuchungen zusammenhängen, als dass ich dieselben nicht noch einer näheren Besprechung unterziehen sollte, der ich, diesen Anhang zu widmen, für gerathen erachte.

Die uns zunächst berührende Abhandlung verdanken wir den Bemühungen O. Hertwig's und sie betrifft die Vorgänge der Befruchtung und Furchung des Eies von *Toxopneustes lividus* (118). Obgleich die Wissenschaft im Allgemeinen und ich im Speciellen O. Hertwig für seine schönen Untersuchungen, die hinsichtlich der thatsächlichen Vorgänge während der Theilung des Dotters nahezu völlig mit den von mir schon früherhin und ausführlich in dieser Arbeit mitgetheilten Untersuchungen übereinstimmen, zu grossem Danke verpflichtet sind, so kann ich mich dennoch keineswegs in sehr wesentlichen Punkten den, von Hertwig in Bezug auf die Befruchtungsvorgänge entwickelten Anschauungen anschliessen, ohne jedoch hierdurch das Thatsächliche seiner betreffenden Untersuchungen in Frage stellen zu wollen.

Vorerst fragt es sich, welche Beschaffenheit zeigt uns das reife, befruchtungsfähige Ei. Hierauf lautet die Antwort Hertwig's: »Zur Reifezeit des Eies erleidet das Keimbläschen eine regressive Metamorphose und wird durch Contractionen des Protoplasmas an die Dotteroberfläche getrieben. Seine Membran löst sich auf, sein Inhalt zerfällt und wird zuletzt vom Dotter wieder resorbirt, der Keimfleck aber scheint unverändert erhalten zu bleiben, in die Dottermasse selbst hineinzugelangen und zum bleibenden Kern des reifen, befruchtungsfähigen

*) Ich glaube es nochmals besonders hervorheben zu müssen, dass meine Arbeiten über die ersten Entwicklungserscheinungen, die Zelltheilung etc. ganz unabhängig von denen Auerbach's begonnen worden sind und dass ich auch namentlich, wie aus meiner ersten vorläufigen Mittheilung hervorgeht, schon vor dem Erscheinen der »Organologischen Studien« die Entdeckung der sich theilenden Kernspindel gemacht hatte, wodurch die weitere Richtung meiner Arbeit wesentlich bestimmt wurde. Ich muss mich daher ganz bestimmt dagegen aussprechen, dass die Auerbach'schen Publicationen, wie der Verfasser anzunehmen scheint (vergl. Zur Lehre von der Vermehrung der Zellkerne. Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1876. No. 1), meine Arbeiten in irgend einem wesentlichen Punkte beeinflusst oder hervorgerufen hätten, wie sehr ich auf der anderen Seite einem Jeden das *suum cuique*, auch bis auf die Anregung und Leitung des forschenden Geistes auf gewisse Bahnen, zuzugestehen geneigt bin.

Eies zu werden« (vergl. pag. 11 d. Sep.-Abdrs.). Ich will an dieser Stelle keine Bedenken gegen die Deutung des Kernes des reifen Eies als erhalten gebliebener Keimfleck erheben, wiewohl mir dies nicht so schwer erscheint, da der Keimfleck des Seeigeleies wie der anderer Eier, sich als ein homogener, dichter und daher dunkeler Protoplasmakörper darstellt, der spätere Eikern hingegen als ein ganz lichter, heller Körper. Eine blosse Wirkung des Contrastes, bezüglich der verschiedenen Lagerung des Keimfleckes und des Eikernes, hierin zu erkennen, wie Hertwig will, scheint mir nicht statthaft, denn wenn auch der Keimfleck bei seinem Uebertritt in den Dotter im nicht comprimirten Ei relativ hell gegen die Umgebung erscheinen wird — ähnlich wie dies z. B. bei sehr körnerreichen Infusorien hinsichtlich des Nucleus häufig der Fall ist — so müsste derselbe doch, bei hinreichender Pressung des Eies oder bei der Isolirung, sich gegenuber dem Protoplasma des Dotters, als dichter leicht erkennen lassen. Doch ich lasse diese Angelegenheit, wie gesagt, dahin gestellt und bemerke nur noch, dass Derbès, der die Eier von *Psammechinus esculentus* untersucht hat (112), sich nicht ganz in der Weise ausdrückt, wie es Hertwig (pag. 21) darstellt. Derbès lässt nicht das Keimbläschen schwinden und den Keimfleck restiren, sondern er deutet das, was wir Keimfleck nennen, als das Keimbläschen, welches also im reifen Ei zurückbleibt, während eine es umgebende, helle Zone schwindet. Natürlich änderte diese Auffassung Derbès' nichts an dem thatsächlichen Vorgang, ich wollte hierdurch nur hervorheben, wie er sich zur Frage nach dem Verbleib des Keimbläschens stellt.

Es erhebt sich aber nun die Frage, ob eine derartige Beziehung des Kernes des reifen Eies zu dem Keimfleck des früheren Keimbläschens sich in dem Thierreiche, nach Maassgabe der bis jetzt vorliegenden Beobachtungen, noch anderwärts finden dürfte oder ob wir gar mit Hertwig schliessen dürfen (pag. 32), dass es im hohen Grade wahrscheinlich zu sein scheine, »dass im ganzen Thierreiche der Eikern des reifen, befruchtungsfähigen Eies vom Keimfleck des sich auflösenden Keimbläschens abstamme.« Die älteren Beobachtungen von Leydig an *Piscicola* und Bischoff am Kaninchenei,*) die Hertwig zur Stütze seines citirten Ausspruches anführt, sind kaum als beweiskräftig zu erachten. Dagegen ist derselbe Vorgang der Auflösung des Keimbläschens und des Zurückbleibens des Keimfleckes vor einigen Jahren, wie oben schon mitgetheilt wurde, durch P. E. Müller (117) von den Eiern des *Hippopodius luteus* (einer *Siphonophore*) beschrieben worden. Müller ist, soweit ich davon Kenntniss habe, der einzige Forscher, der sich gleichfalls mit Bestimmtheit für das Stattfinden eines derartigen Processes ausgesprochen hat.

*) Leydig, Zur Anatomie von *Piscicola geometrica*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. I. p. 125; Bischoff, Entwicklungsgesch. d. Kaninchencies. 1842.

Dagegen lassen sich nun eine ziemliche Zahl von Beobachtungen anführen, die umgekehrt dafür sprechen, dass im reifen Ei nicht das Keimbläschen schwindet und der Keimfleck erhalten bleibt, sondern dass der Keimfleck einem allmäligen Zerfall unterliegt, der ihn schliesslich ganz zum Verschwinden bringt, so dass an seiner Stelle nur einige durch das Keimbläschen zerstreute Körnchen restiren. Hertwig führt nur eine derartige Beobachtung an, nämlich die Kleinenberg's, der den Zerfall und die allmälige Auflösung des Keimfleckes in den reifenden Eiern von *Hydra* beschreibt (43; pag. 42). Der Einwand, welchen Hertwig gegen die Richtigkeit dieser Beobachtung Kleinenberg's erhebt, dass dieselben nicht durch fortlaufende Untersuchung desselben Objectes gewonnen sei, dürfte wohl ohne Bedeutung sein und liesse sich in gleicher Weise gegen Hertwig's Beobachtung über die Vorgänge in den reifenden Eiern von *Toxopneustes* erheben. Meine, im Laufe dieser Abhandlung dargelegten Beobachtungen an Würmern und Mollusken geben nicht den geringsten Anhaltspunkt zu einer Deutung im Hertwig'schen Sinne, sondern stimmen sämmtlich darin überein, dass der Keimfleck in dem Keimbläschen des reifen Eies als solcher, schon vor oder erst nach der Befruchtung, zu Grunde geht und dieser Vorgang tritt nur in gewissen Fällen nicht so deutlich hervor, weil die eigenthümliche Metamorphose des Keimbläschens zu der Kernspindel damit Hand in Hand läuft. Nach den von mir oben geschilderten Beobachtungen an den Eiern der kleinen freilebenden Nematoden, sowie des *Cucullanus*, verschwindet der Keimfleck einige Zeit vor oder nach der Befruchtung, während das Keimbläschen selbst noch in völliger Deutlichkeit und ohne weitere Veränderung verharrt. Hiermit befinden sich die Beobachtungen von Quatrefages (115; pag. 206) an den Eiern von *Teredo* in völliger Uebereinstimmung; derselbe sah in den befruchtungsfähigen Eiern Keimbläschen sammt Keimfleck noch völlig deutlich; einige Augenblicke jedoch nach geschehener Befruchtung fand sich der Keimfleck nicht mehr, »on dirait qu'elle se dissout dans la substance de la vésicule.« Am interessantesten sind jedoch wohl in dieser Hinsicht die schon früher besprochenen Eier der Räderthiere, deren ungeheuerer Keimfleck bei der Reifung des Eies allmälig schwindet, wie dies schon Leydig*) beobachtet hatte; an seiner Stelle bleiben einige Granula und das Keimbläschen selbst nimmt ebenfalls an Umfang so beträchtlich ab, dass es, wie oben erwähnt, hinter dem Volum des ursprünglichen Keimflecks zurückbleibt. An eine Ableitung des Keimbläschens des reifen Eies dieser Thiere von dem Keimfleck wird Niemand denken, der diese Objecte einmal genauer betrachtet hat. Ich schalte hier ein, dass ich bei einer grösseren Anzahl reifer Ovarialeier von *Limnaeus auricularis* vergeblich nach einem

*) Leydig. Ueber den Bau und die systematische Stellung der Räderthiere. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. VI. pag. 28 u. 102.

Keimfleck suchte, während das Keimbläschen selbst ohne weitere Veränderungen sich repräsentirte. Ganz in ähnlicher Weise wie bei den Räderthieren sehen wir auch in dem Keimbläschen des Pseudovums der Aphiden, den früher nicht unansehnlichen Keimfleck schwinden und an seiner Stelle nur einige Granula restiren. Bezüglich der Arthropoden erlaube ich mir, noch eine Beobachtung Leydig's*) hier anzuführen, wonach bei *Argulus foliaceus* die ursprünglich in grösserer Anzahl vorhandenen Keimflecke noch vor dem Schwinden des Keimbläschens nicht mehr zu finden sind; auch aus den neueren Untersuchungen von Claus scheint hervorzugehen, dass sich in den Eiern dieses Thieres zu keiner Zeit ein eigentlicher Keimfleck findet, sondern stets eine grössere Anzahl dunkeler Körner.**)

Bekanntlich finden sich in dem Keimbläschen vieler Eier nicht ein, sondern mehrere Keimflecke; am auffallendsten sind in dieser Hinsicht die Eier der Fische (und Amphibien), in welchen die Zahl der Keimflecke mit dem Wachsthum des Eies zunimmt und eine ganz beträchtliche Höhe erreicht. Wie sich mit diesen Verhältnissen in den Keimbläschen der Fische die Hertwig'sche Ansicht von der Bedeutung des Keimfleckes in Zusammenhang bringen lässt, ist keineswegs recht ersichtlich, dagegen lässt sich dieser Zerfall der Keimflecke sehr gut als ein Vorläufer ihres schliesslichen Unterganges betrachten.***)

Ohne dass ich mir daher anmasse, die Hertwig'schen Beobachtungen an den Eiern der *Toxopneustes lividus*, ohne eigene Kenntniss dieses Objectes, in bestimmtem Sinne auslegen zu wollen, scheint es mir nicht unmöglich, dass der sogenannte Eikern des reifen Seeigeleies nicht den Keimfleck, sondern das gesammte reducirte Keimbläschen (nach Schwinden des Keimfleckes), oder aber einen Theil desselben repräsentire.

Aus meinen Untersuchungen hat sich ergeben, dass bei Würmern und Mollusken das Keimbläschen im reifen Ei, kurz vor oder erst nach der Befruchtung, eine Metamorphose erleidet, indem dasselbe in die Kernspindel übergeht, ein Zustand, der sonst die Theilung des Kernes einleitet. Von einem Keimfleck ist natürlich in diesem Falle keine Rede mehr, wie aus der bekannten Beschaffenheit dieser Kernspindel folgt. Es ist nun von höchstem Interesse, dass dieselbe Metamorphose des Eikernes, die ich beim thierischen Ei fand und auch schon in meiner ersten vorläufigen Mittheilung von Cucullanus geschildert hatte (15; pag. 208) — und welche ich das Vergnügen hatte, Herrn Prof. Strasburger während seines Besuches in Frankfurt a. M. auch in meinen Abbildungen von *Nephelis*, sammt dem späteren Austritt

*) Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. II. pag. 340.

**) Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. XXV.

***) Vergl. namentlich Auerbach (17; pag. 156—161) und viele frühere Arbeiten.

des Eikernes, auseinandersetzen zu dürfen — hierauf von Strasburger auch im Ei der Coniferen nachgewiesen worden ist, wie ich nach brieflichen Mittheilungen desselben hier hervorheben muss.

Sollte sich nun ein entsprechender Vorgang im Ei der Seeigel wirklich nicht finden, da wir doch aus dem Vorkommen bei Coniferen und Würmern sicherlich auf ein sehr allgemeines Phänomen schliessen dürfen? Hertwig hat meine Mittheilungen über die Metamorphose des Keimbläschens im Ei des *Cucullanus* nicht weiter berücksichtigt und ebenso die Mittheilungen, welche von anderer Seite schon über die Austreibung eines Theiles des Eikernes oder dieses in seiner Gesammtheit vorlagen, keiner Erwähnung gewürdigt. Ich muss gestehen, dass dieser Umstand den Schlüssen, welche er aus den Beobachtungen an *Toxopneustes lividus* zu ziehen geneigt ist, ihre allgemeine Tragweite völlig entzieht. Wenn ich auch zugebe, dass die älteren Beobachtungen über das Richtungsbläschen ihn in seinen Schlüssen nicht hätten wankend machen können, so waren doch auf der einen Seite die Beobachtungen Oellacher's, dass das Keimbläschen des Forelleneies vor der Befruchtung ausgestossen würde, auf der anderen Seite diejenigen von Flemming und mir, dass ein Theil des Keimbläschens ausgestossen werde, zu berücksichtigen. Ausserdem hatte ich schon in meiner zweiten vorläufigen Mittheilung (79) bemerkt, dass die früher von mir ausgesprochene Ansicht, es werde der Keimfleck ausgestossen, nicht stichhaltig sei, sondern dass es sich nun um die Ausstossung des Kernes in seiner Gesammtheit handle.

Nach den, von mir in der vorliegenden Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen, kann es nun nicht mehr im geringsten zweifelhaft sein, dass bei den untersuchten Objecten der Eikern nach seiner spindelförmigen Metamorphose (ob in Folge der Befruchtung oder nicht, dies muss vorerst noch unentschieden bleiben) aus dem Dotter hinausgetrieben wird. Aus meinen Beobachtungen muss ich diesen Schluss ziehen und zwar finde ich in denselben keinen Anhaltspunkt zur Annahme, dass diese Ausstossung keine vollständige sei und dass ein Theil des Kernes im Dotter zurückbleibe. Ich weiss, dass ich mich in dieser Hinsicht mit den Resultaten, zu welchen Strasburger bei den Coniferen gelangte, nicht in Uebereinstimmung befinde. Nach ihm bleibt ein Theil des Eikernes im Dotter zurück, während nur ein anderer Theil zur Ausstossung gelangt. Meine Beobachtungen haben mir keine positive Handhabe gegeben, um einen derartigen Vorgang bei den von mir untersuchten Objecten als wahrscheinlich zu betrachten; dennoch kann ich es auch nicht mit absoluter Gewissheit in Abrede stellen, dass nicht vielleicht ein Theil einer der Kernplatten des spindelförmig metamorphosirten Eikernes, während des Austrittes desselben, sich ablöse und zur Grundlage eines oder mehrerer der späterhin in dem Dotter hervortretenden Kernchen werde. Die subtile Natur dieses Vor-

gangs würde es begreiflich genug erscheinen lassen, wenn ich denselben bis jetzt übersehen hätte. Es sind zwei Punkte in meinen Beobachtungen, die sich allenfalls zu Gunsten einer derartigen Auffassung verwerthen liessen; einmal die Entstehung des einen der neuen Kernchen bei *Nephelis* (Taf. I. Fig. 3) ausserhalb des sogenannten Centralhofes und in gewisser Beziehung zur Austrittsstelle des Eikernes und dann die gleichen Beziehungen der neuentstehenden Kernchen zu dieser Austrittsstelle bei *Limnaeus* und *Succinea*, sowie der Umstand, dass bei erstgenanntem Object der ausgetretene Eikern durch feine Fädchen mit einigen der neugebildeten Kernchen in Verbindung zu stehen scheint.*)

Ich komme nun zu dem wichtigsten Abschnitt der Hertwig'schen Arbeit, nämlich dem eigentlichen Act der Befruchtung. — Wie man aus dem betreffenden Kapitel meiner Abhandlung, das ohne Kenntniss der bezüglichen Arbeiten Strasburger's und Hertwig's geschrieben worden ist, ersehen haben wird, hatte ich mir auch schon die Frage aufgeworfen, ob nicht die sich neubildenden Kerne der ersten Furchungskugel von dem Kern des Spermatozoon abzuleiten seien und die Vergleiche, welche sich in dieser Hinsicht zwischen dem Befruchtungsvorgang und dem Conjugationsprocess der Infusorien ziehen liessen, waren nicht ungeeignet, diese Frage in bejahendem Sinne zu entscheiden. Ich war hierzu um so mehr veranlasst, als ich schon in meiner ersten vorläufigen Mittheilung (15; p. 210) den Gedanken aussprach, dass Bestandtheile des Spermatozoon in dem, nach Ausstossung der Richtungskörperchen bleibenden Rest des Keimbläschens (wie ich damals anzunehmen glauben durfte) eingingen.

Es fehlte jedoch meiner, in dieser Arbeit vermuthungsweise ausgesprochenen Ansicht über die Schicksale des oder der Spermatozoën die thatsächliche Begründung, welche nun durch die Hertwig'sche Untersuchung in einer Weise gegeben wurde, die, wenn auch noch nicht vollkommene Sicherheit, so doch sehr grosse Wahrscheinlichkeit besitzt. Ich halte es daher für nahezu sicher erwiesen, dass, nach dem Verschmelzen des oder der Spermatozoën mit der Eizelle, der Spermakern eine Weiterbildung erfährt und zu der Bildung des ersten Furchungskernes beiträgt; in welcher Weise dies geschieht, wird nun der Gegenstand unserer weiteren Betrachtung sein müssen. Hertwig fällt hinsichtlich des Nachweises dieses Vorganges alles Verdienst zu, welches dem allein gebührt, der einen Vorgang zum ersten Male wirklich nachweist, gegenüber denjenigen, die ihn vermuthungsweise, als wahrscheinliches Product blosser Ueberlegung, erschlossen haben.

Wir wissen, dass Hertwig den Kern des eingedrungenen Spermatozoon mit dem im Dotter vorhandenen Eikern sich vereinigen und in dieser Weise den ersten Furchungskern

*) Vergl. Taf. IV. Figg. 6 und 9.

sich bilden lässt. Es fragt sich nun vorzüglich, was ist dieser Eikern und wir haben uns daher diese Frage schon oben vorgelegt, wobei ich mich dahin aussprechen musste, dass ich die Ansicht, es repräsentire derselbe den Keimfleck, für sehr unwahrscheinlich halte; wahrscheinlicher dünkte mir, dass er entweder das gesammte, sehr reducirte Keimbläschen sei, oder aber ein Theil desselben. In beiden Fällen jedoch wäre der Keimfleck der Zerstörung anheimgefallen. Es erhebt sich auch hier wieder die Frage: sollte denn in den Eiern der Echinodermen der durch die Thierreihe so verbreitete Vorgang der gänzlichen oder theilweisen Ausstossung des Keimbläschens (um mich mit aller Reserve auszudrücken) wirklich ganz fehlen, da doch ein entsprechender Vorgang nach Strasburger sich selbst im Ei der Pflanzen nachweisen lässt? Auf alle Fälle muss ich jedoch zugestehen, dass im Ei das *Toxopneustes* ein Theil des Keimbläschens als der sogenannte Eikern zurückbleibt und dass dieser Theil, durch seine Vereinigung mit dem Kern des Spermatozoon, nach der Befruchtung sich zum ersten Furchungskern umbildet.*) Wiewohl meine Beobachtungen, wie ich schon oben nochmals hervorgehoben habe, mich zu dem Schluss führten, dass das Keimbläschen in den von mir untersuchten Eiern gänzlich eliminirt wird, so habe ich dennoch kein Bedenken auch die Möglichkeit zuzugestehen, dass in gewissen Fällen nur ein Theil desselben diesem Schicksal unterliege, der im Dotter bleibende Rest hingegen als Kern weiter fungire. Es sind die Vergleichungen, welche ich zwischen dem Vorgang der Befruchtung und der Conjugation der Infusorien zog, die mich schon vor einiger Zeit, gegenüber meinen eigenen Beobachtungen, nöthigten, diese Reserve zu ergreifen. In meiner kleinen Abhandlung »zur Entwicklungsgeschichte des *Cucullanus elegans*«**) wandte ich mich (Anmerkung pag. 109) gegen die von E. van Beneden neuerdings aufgestellte Befruchtungstheorie und sprach mich schliesslich in folgender Weise aus: »Das Wesen der Befruchtung ist in einer ganz anderen Richtung zu suchen und meine, in stetem Hinblick auf diese Frage, ausgeführten Untersuchungen jüngster Zeit sind wesentlich dazu geeignet, meine schon vermuthungsweise geäusserte Ansicht, dass es sich dabei um eine gänzliche oder theilweise Erneuerung des Kernes der Eizelle handle, mehr zu befestigen.«

Meine Untersuchungen über die Conjugation der Infusorien führten mich, wie aus vorliegender Abhandlung sich ergibt, zu der Ueberzeugung, dass bei diesen Organismen der Kern

*) Späterer Zusatz: Während der Correctur dieses Bogens erhielt ich eine Abhandlg. von E. v. Beneden (Contrib. à l'hist. de la vésicule germinative etc.; Bull. d. l'ac. roy. de Belgique, 2m. série, t. LXI, No. 1; 1876), worin für *Asteracanthion rubens* das völlige Schwinden des Keimbläschens geschildert wird; später treten auch die Richtungsbläschen auf. Ich kann hier natürlich nicht näher auf die v. Beneden'sche Arbeit eingehen, muss jedoch hervorheben, dass dieselbe die Tragweite der Hertwig'schen Mittheilungen bedenklich erschüttert.

**) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 26. pag. 103—110.

im Laufe der Conjugation entweder gänzlich oder theilweise erneuert oder auch nur durch Zuführung eines neuen Theiles materiell aufgefrischt werde. Halten wir daher an der Vergleichung der Conjugationsvorgänge dieser Protisten mit dem Befruchtungsact fest, so müssen wir auch zugestehen, dass sich ähnliche Modificationen wie bei den ersteren, so auch bei letzterem finden können. Diese Ueberlegung bestimmte mich schon zu der früher gemachten Reserve.

Ich halte es für gerechtfertigt, hier einige historische Thatsachen hinsichtlich der Befruchtung beizufügen, um zu zeigen, wie sich schon manchmal dem Nachdenken verschiedener Forscher eine ähnliche Auffassung des Befruchtungsactes, als eine Erklärung für die von ihnen beobachteten Daten ergeben hat, ohne dass ich jedoch auf diese letzteren selbst, die zum Theil ganz unhaltbar sind, hier eingehen möchte.

Schon Barry,*) der bekanntlich zuerst 1843 im Kaninchenei Spermatozoën beobachtete, war der Ansicht, dass das Spermatozoon mit dem an die Oberfläche des Dotters getretenen Keimbläschen, speciell dem Keimfleck, in Verbindung trete und Stoffe an den letzteren abgebe. Keber's Ansicht über die Befruchtung des Najadeneies ging dahin,**) dass der Kern des in den Dotter gedrungenen Spermatozoon sich theile und so eine Anzahl Kerne erzeugte, die sich mit den von dem Ei selbst abstammenden Kernen vermischten (nicht materiell). Er sah in dieser seiner Auffassung des Befruchtungsactes eine gute Erklärung der Uebertragung väterlicher und mütterlicher Eigenschaften auf das erzeugte Wesen.***) Oben wurde ferner schon die Vorstellung, welche A. Müller (113) von dem Befruchtungsvorgang bei Petromyzon sich bildete, erwähnt und die darin gipfelte, dass er eine directe Aufnahme von Stoffen des Spermatozoon in das über die Dotteroberfläche emporgehobene Keimbläschen annahm. Ganz ähnlich fasste denn schliesslich P. E. Müller (117) den Act der Befruchtung bei *Hippopodius* auf; seine Anschauung nähert sich der Hertwig's sehr, da er, wie erwähnt, gleichfalls nur den Keimfleck restiren lässt, mit dem sich einige Spermatozoën von sehr zweifelhafter Natur in Verbindung setzen und den Befruchtungsact vollziehen, ohne jedoch mit ihm zu verschmelzen.

Aus dieser kurzen Zusammenstellung ergibt sich, dass eine derartige Auffassungsweise des Wesens der Befruchtung schon eine Reihe von Forschern so angesprochen hatte, dass sie

*) Neue Untersuchungen über die schraubenförmige Beschaffenheit der Elementarfasern der Muskeln etc Arch. f. Anat. und Physiologie. 1850. pag. 529—596.

**) Keber, »Ueber den Eintritt der Samenzellen in das Ei.« Königsberg. 1853. pag. 44.

***) Vergl. l. c. pag. 55. Anmerkung: »Die Aehnlichkeit der Kinder mit den Eltern muss vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, materiell erklärt werden, weil in dem kindlichen Organismus nachweislich eine innige Vermischung der von beiden Eltern herstammenden Zellenkerne stattgefunden hat.« Ich brauche hier wohl kein Wort über den Werth der Keber'schen Beobachtungen hinzuzufügen, da dieser Punkt ja allgemein bekannt ist.

derselben in der Erklärung der von ihnen beobachteten Thatsachen einen deutlichen Ausdruck gaben, ohne jedoch das Stattfinden eines derartigen Processes auch wirklich erwiesen zu haben.

Ich muss nun noch einen Augenblick bei der Frage verweilen: wie sich die so verbreitete Erscheinung, des Entstehens mehrerer, zuweilen zahlreicher Kerne in der ersten Furchungskugel, erklären lasse. Hertwig's Ansicht bezüglich dieses Punktes ist (pag. 42), dass dies leicht durch das Eindringen mehrerer Spermatozoën verständlich werde; er selbst hat (pag. 37) bei den Eiern von *Toxopneustes* zuweilen mehrere (zwei bis vier) helle Stellen, wie sie zuerst von dem eingedrungenen Spermatozoon hervorgerufen werden, an der Dotteroberfläche entstehen sehen, und es vereinigten sich auch diese mehrfach vorhandenen, hellen Stellen mit dem Eikern, aber die betreffenden Eier starben sämmtlich bald ab. Ich muss nun nochmals hervorheben, dass sich in allen den von mir untersuchten Eiern nichts findet, was sich dem Eikern des Seeigeleies vergleichen liesse; bei allen den von mir beobachteten Eiern findet sich ein Stadium, in welchem sich von einem Kern nichts wahrnehmen lässt, gewisslich aber nichts von einem so hellen und characteristischen Körper, wie es der Eikern des Seeigeleies ist. Die Kernrudimente, welche, wie wir voraussetzen, in Gestalt kleiner, dichter Körperchen zu dieser Zeit in dem Dotter vorhanden sein möchten und sich von dem Spermatozoon und eventuell von dem früheren Keimbläschen ableiten, können unter der grossen Masse von Dotter kaum einer Beobachtung zugänglich sein. Die beiden Kerne, welche ich zuerst in dem Ei kleiner freilebender Nematoden entstehen sah, zeigen, wie auch Auerbach bestätigte, nicht die geringste Differenz und entstehen, wie ich in vorliegender Arbeit nachzuweisen versucht habe, in ganz gleicher Weise. Es liegt also vorerst gar keine Berechtigung vor, im Sinne Hertwig's den einen derselben als Eikern, den anderen als Kern des Spermatozoon zu deuten. Bei *Cucullanus* sah ich immer nur ein Spermatozoon der Oberfläche des Dotters eingesenkt, andererseits aber immer eine bedeutende Zahl, bis fünf und sechs Kerne in der ersten Furchungskugel entstehen.

Dies bestimmt mich, in der Mehrzahl der neuentstehenden Kerne der ersten Furchungskugel viel eher ein, durch den vorhergehenden Zerfall des eingedrungenen Spermatozoidenkernes hervorgerufenes Phänomen zu erkennen, um so mehr, als wir auch während des Conjugationsactes der Infusorien Kerntheilungen in reichstem Maasse eintreten sehen. Damit schliesse ich natürlich keineswegs aus, dass nicht zuweilen mehrere Spermatozoën in den Dotter eindringen und die Zahl der sich bildenden Kerne vermehren.*)

*) Hertwig hebt (pag. 42) hervor, dass ich geneigt sei, den mehrkernigen Zustand der ersten Furchungskugel, als hinterlassenes Erbstück eines ehemaligen Vorfahren der höheren Organismen zu beurtheilen. Ich habe dies keineswegs in der Weise behauptet (vergl. 15; pag. 213), sondern nur darauf hingewiesen, dass, wenn

Hinsichtlich der Frage: ob die theilweise oder gänzliche Ausstossung des Eikernes in Gestalt der Richtungskörperchen eine Folge der Befruchtung oder aber eine, der letzten Ausbildung der Eizelle als solcher zukommende Erscheinung sei, glaube ich mich jetzt bestimmter aussprechen zu dürfen. Oben habe ich dasjenige zusammenzutragen versucht, was zur Entscheidung dieser Frage angeführt werden konnte, ohne dass es jedoch nach dem bis jetzt vorliegenden Material gelungen wäre, eine bestimmte Stellung für oder wider zu nehmen. Seit dieser Zeit ist eine neue Arbeit E. v. Beneden's erschienen (La Matur. de l'oeuf, la fécondation et les prem. phases du développement embryog. des mammifères. Bullet. de l'Acad. roy. de Belgique 2me sér., T. XL., No. 12; 1875), worin er sich bezüglich des Kaninchencies mit aller Bestimmtheit dahin ausspricht, dass die Ausstossung der Richtungsbläschen ganz unabhängig von der Befruchtung vor sich gehe, ein Schluss, zu dem ja auch die Bischoff'schen Untersuchungen an nicht begatteten Säugethieren mit Bestimmtheit drängten. Auf der anderen Seite ist mir bekannt, dass Prof. Strasburger bei der Eizelle der Coniferen die Ausstossung eines Theiles des Eikernes, welcher die schon lange bekannte, sogenannte Canalzelle formirt, vor der eigentlichen Befruchtung eintreten sah.

Nach mehrfachen vergeblichen Versuchen mich über das Verhalten unbefruchteter Eier zu instruiren, wandte ich mich schliesslich zu den mir so nahe liegenden, kleinen, freilebenden Nematoden. Zu diesen Untersuchungen bediente ich mich zweier Rhabditisarten, die sich Jedermann leicht zu beschaffen im Stande ist, der *Rhabditis teres* Schnd., welche sich in mit faulenden Substanzen versetzter Gartenerde fast immer reichlich einstellt und der *Rhabditis pellio* Schn., deren Larven in Regenwürmern leben und beim Faulen derselben sich zur Geschlechtsreife entwickeln. Von diesen Thieren züchtete ich eine Anzahl in Eiweiss und isolirte weibliche Larven in grösserer Menge, jede für sich in einem Tröpfchen Eiweiss, so dass eine Befruchtung völlig ausgeschlossen war. Die Resultate dieser Untersuchungen waren nun, dass in beiden Fällen sich der Uterus der jungfräulichen Thiere auf das reichlichste mit reifen, von den Ovarien losgelösten Eizellen anfüllte, jedoch auch nicht in einem Fall und bei mehrere Tage fortgesetzter Beobachtung, die Weiterentwicklung auch nur einer einzigen Eizelle eintrat. Keimbläschen und bei *Rhabditis teres* namentlich auch der Keimfleck, erhalten sich ohne irgend welche Veränderung in den unbefruchteten Eiern dieser Nematoden und fangen erst an undeutlich zu werden, wenn die Dottermasse selbst deutliche Zeichen des Zugrunde-

man den Cytodenzustand der Eizelle in dieser Weise betrachtet, man die gleiche Betrachtungsweise auch auf diesen mehrkernigen Zustand ausdehnen müsse. Ich war jedoch weit davon entfernt, diese Anschauungsweise des Cytodenzustandes der Eizelle zu der meinigen zu machen.

gehens durch fettige Degeneration aufweist. Es bilden sich dann bei *Rhabditis pellio* zahlreiche helle Tröpfchen in der früher gleichmässig körnigen Dottermasse und zwischen diesen verdichtet sich die eigentliche Dottersubstanz zu einer mehr oder weniger glänzenden Masse; die Eier gehen zu Grunde. Bei *Rhabditis teres* konnte ich an diesen unbefruchteten Eiern keine Spur einer Dotterhaut auffinden, beim Uebertritt in Wasser zerflossen sie, ohne dass sich irgend etwas von einer Hülle zeigte. Bei *Rhabditis pellio* hingegen wurde ein zartes, den Dotter überziehendes Häutchen deutlich. In keinem Falle aber zeigte der Dotter eine Spur der, als erste Entwicklungserscheinung bekannten Condensation innerhalb dieser Hülle.

Diese Beobachtungen über das Verhalten der unbefruchteten Eier kleiner Nematoden bieten eigentlich nichts Neues, denn schon Schneider gelangte zu einem ganz ähnlichen Resultat (10; pag. 285). Bei *Ascaris megalocephala, mystax* und *lumbricoides*, bei *Filaria papillosa* und *Leptodera appendiculata* gehen nach seinen Beobachtungen die unbefruchteten Eier ohne irgendwelche Veränderung zu Grunde. Nur bei *Cucullanus elegans* soll sich die Dotterhaut abheben und sogar eine unregelmässige Furchung eintreten; allein die Furchungskugeln sollen sich bald trennen und zu Grunde gehen.

Was ist nun aber aus diesem völlig unveränderten Verhalten der unbefruchteten Eier unserer Würmer zu schliessen? Einmal müssen wir zugeben, dass beide Ansichten über das Auftreten der Richtungsbläschen, einmal in Folge der Befruchtung, das andere Mal unabhängig von dieser, ihre Berechtigung haben.

Um aber dieses verschiedene Verhalten mit unseren sonstigen Anschauungen in Einklang zu setzen, müssen wir anerkennen, dass die Austreibung der Richtungskörperchen keineswegs ein Phänomen ist, welches dem Ei als solchem in seinem höchsten Reifezustand zukommt, sondern wir müssen darin, eine der ersten Entwicklungserscheinungen erkennen, die in gewissen Fällen nur am befruchteten Ei sich vollzieht, in anderen Fällen hingegen auch parthenogenetisch stattfinden und der Befruchtung vorausgehen kann.

Unter diesen Umständen glaube ich nun, um so fester an der oben versuchten Vergleichung der Conjugationserscheinungen der Infusorien und der Befruchtung festhalten zu dürfen. Hinsichtlich des parthenogenetischen Auftretens der Austreibung der Richtungsbläschen (eines Theiles oder des ganzen Eikernes), glaube ich, nochmals besonders an die höchst merkwürdigen Verhältnisse bei den Diatomeen erinnern zu müssen, die uns ja sehr auffallende Analogien bezüglich ihrer Copulationserscheinungen mit den Infusorien zeigten. Ich betonte oben besonders, dass der Verjüngungsprocess der Diatomeen, die Auxosporenbildung, in einer Reihe von Fällen nachweislich, auch ohne Zusammentreten zweier Individuen, von einem einzigen

vollzogen werden kann. Dürften wir etwas derartiges auch bei einem Infusor für möglich halten, so hätten wir einen Fall, der als Pendant des parthenogenetischen Austretens der Richtungsbläschen dienen könnte. Immerhin scheint es mir auch mehr wie wahrscheinlich, dass sich bei den Diatomeen, in Anbetracht der Uebereinstimmung ihrer Conjugationserscheinungen mit denen der Infusorien, auch ähnliche Vorgänge bezüglich einer Verjüngung der Kerne finden möchten.

Eine Betrachtung, die Hertwig hinsichtlich der Infusorien anstellt, ist geeignet, unser Interesse an dieser Stelle noch besonders in Anspruch zu nehmen. In einer Anmerkung zu pag. 40 bemerkt er, dass sich der sogenannte Nucleus und Nucleolus dieser Thiere, wegen der Veränderungen, die sie bei der Fortpflanzung (?) eingehen sollten, recht gut mit dem Ei- und Spermakern der befruchteten Eizelle vergleichen lassen; dass daher die Infusorien als hermaphroditische Zellen betrachtet werden müssten. Ich bin aber zu demselben Schluss, jedoch auf Grund eines sehr verschiedenen Gedankenganges gelangt. Zuerst gestehe ich offen, dass es mich überrascht, dass Hertwig bei dieser Gelegenheit mit keinem Worte des erst von mir erbrachten Nachweises, dass die sogenannten Nucleoli der Infusorien echte Zellkerne seien, gedenkt, auch nicht der Rolle, welche Nucleus und Nucleolus bei der Conjugation (nicht Fortpflanzung) spielen, die ich in meiner vorläufigen Mittheilung (79) von *Stylonichia Mytilus* schon genau darstellte. Welche Art der Veränderungen während der Fortpflanzung es sind, die Hertwig dafür anführen zu dürfen glaubt, dass Nucleus und Nucleolus der Infusorien dieselbe Bedeutung hätten wie Ei- und Spermakern der höheren Thiere, ist mir nicht ersichtlich. Nach meinen Beobachtungen über die Conjugation der Infusorien ist die Rolle des Nucleolus in gewissem Sinne vergleichbar der eines befruchtenden Spermakernes, da derselbe den Hauptkern während der Conjugation ganz oder theilweise ersetzt. Eine wirkliche Gleichstellung des Nucleolus und eines Spermakernes wäre jedoch, meiner Ansicht nach, nur dann festzuhalten, wenn sich nachweisen liesse, dass die Nucleoli der in gewöhnlicher Weise conjugirten Infusorien während der Conjugation ausgetauscht würden, denn das wesentlichste Kriterium, das wir bis jetzt für einen Spermakern haben, ist doch das, dass er in einer anderen Zelle (der Eizelle) zur Weiterbildung gelangt. Ich habe es daher auch nicht versäumt, genauer auf die wenigen Fälle bei *P. Bursaria* und *putrinum* hinzuweisen, wo ich einen derartigen Austausch der Nucleoli mit Sicherheit glaube annehmen zu dürfen; dennoch haben sich diese Fälle bis jetzt so selten gezeigt, dass ich sie nicht für regelmässig halten darf.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass sich, unter den uns bekannt gewordenen Conjugationserscheinungen der Infusorien, die sogenannte knospenförmige Conjugation der Vorticellen am nächsten dem Befruchtungsvorgange bei höheren Thieren anschliesst, da hier, wie

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS

schon des Näheren auseinandergesetzt worden ist, das kleine knospenförmige Individuum vollständig mit dem grösseren verschmilzt, also sich diesem gegenüber verhält, wie das Spermatozoon zur Eizelle. Nun verhält sich aber dieses kleine, das Spermatozoon repräsentirende Thier hinsichtlich seines Nucleus und Nucleolus völlig wie ein gewöhnliches Individuum; es besitzt auch einen Eikern im Hertwig'schen Sinne, man sollte vermuthen, dass es nur einen Nucleolus (Spermakern) besässe. Ich kann daher auch nur der Ansicht sein, dass die eigenthümliche Differenzirung der Kerne, welche uns die Infusorien zeigen, nicht in dem Sinne aufgefasst werden kann, dass die einen sich den Eikernen, die anderen den Spermakernen entsprechend verhielten, denn die mit Ei, beziehungsweise Spermatozoon, vergleichbaren Individuen der Infusorien besitzen in gleicher Weise beide Kernarten.

Ich habe schon in meiner vorstehenden Arbeit ausdrücklich darauf hingewiesen, wie aber gerade, aus den schon hervorgehobenen Gründen, die genaue Verfolgung der sogenannten knospenförmigen Conjugation der Vorticellen, für die Vergleichung mit dem Befruchtungsvorgang der höheren Thiere vom höchsten Interesse zu sein, verspreche. Es war daher auch nach Vollendung des Manuscriptes dieser Arbeit mein nächstes Bestreben, die genaue Untersuchung dieser Frage in Angriff zu nehmen. Die Schwierigkeit der Material-Beschaffung, die schliesslich durch den Eintritt der scharfen Kälte ganz unterbrochen wurde, machte es mir jedoch bis jetzt unmöglich, zu völliger Klarheit hinsichtlich des, hier aus verschiedenen Gründen besonders schwierig zu untersuchenden Vorganges zu gelangen. Ich hätte es daher auch unterlassen, meine Resultate in ihrer jetzigen, unvollständigen Gestalt mitzutheilen, wenn nicht in neuester Zeit eine Abhandlung von Balbiani (65 b) über diesen Gegenstand erschienen wäre, die es mir zur Pflicht macht, in Hinblick auf meine in dieser Arbeit dargelegte, ganz abweichende Auffassung der Conjugation, hier noch einen kurzen Abriss meiner Erfahrungen bei den Vorticellinen beizufügen, damit nicht diese neuere Mittheilung Balbiani's als ein Einwurf gegen meine Darstellung der Conjugation betrachtet werden könnte. Ich glaube kaum hervorheben zu müssen, dass meine Beobachtungen über die Conjugationserscheinungen der Vorticellen ganz ohne Kenntniss der Balbiani'schen angestellt worden sind, die erst in den letzten Tagen des Decembers 1875 in meine Hände gelangten.

Balbiani scheint seine Beobachtungen an *Carchesium polypinum* angestellt zu haben; es ist eben dieses Thier und die *Vorticella nebulifera*, welche mir die sogleich zu berichtenden Ergebnisse geliefert haben. Balbiani hebt zunächst hervor, dass einige Zeit nach eingetretener Conjugation die Nuclei der beiden conjugirten Thiere zu kleinen Segmenten zerfallen, wie dies zuerst Stein dargestellt hat. Gleichzeitig aber vergrössere sich der Nucleolus des kleinen

Conjugationsthieres (Mikrogonidie nach Stein) und theile sich hierauf zu zweien, von welchen jeder sich zu einer ovalen, mit parallel geordneten Fäden erfüllten Samenkapsel (Kernspindel) entwickele, während der Nucleolus des grösseren Thieres während der ganzen Conjugation überhaupt gar keine Veränderung erfahre. Nachdem das kleine Thier gänzlich mit dem grösseren verschmolzen ist, finden sich diese beiden Samenkapseln in letzterem; was nun mit ihnen geschieht, wird nicht weiter angegeben. Aus den mit einander vermischten Nucleusbruchstücken der beiden Thiere sollen sich nun aber fünf bis sieben Eier entwickeln, die (nachdem sie von den Spermatozoën der Kapseln befruchtet worden sind) nach aussen abgelegt werden. Die übrigen Nucleusbruchstücke hingegen vereinigen sich dann schliesslich wieder zu einem Nucleus. Man sieht, Balbiani hält noch in jeder Beziehung an der von ihm früher entwickelten Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien fest und obgleich er in dieser Mittheilung meine Erfahrungen hinsichtlich der Bedeutung der Stein'schen Embryonen der Infusionsthiere, als Bestätigung seiner früher ausgesprochenen Ansicht bezüglich derselben, verwerthet, unterlässt er es doch völlig, den von mir in der gleichen Abhandlung gelieferten Nachweis der Irrigkeit seiner Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusionsthiere mit einem Worte zu erwähnen.

Ich hoffe nun, durch die jetzt mitzutheilenden Ergebnisse über die Conjugation der Vorticellen zu zeigen, dass dieselbe keineswegs in der Weise verläuft, wie dies Balbiani neuerdings darstellt, natürlicher Weise aber noch weniger mit den Ansichten Stein's im Einklang ist.

Ich bemerke im Voraus, dass ich unter den zahlreichen von mir gesehenen, aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren von *Vorticella nebulifera* und *Carchesium polypinum* auch nicht ein einziges fand, das Embryonen enthalten oder eine Andeutung zur Bildung solcher verrathen hätte. Ich sehe hierin den Beweis dafür, wie gerechtfertigt die im Laufe dieser Arbeit von mir ausgesprochene Ansicht über die Bedeutung dieser vermeintlichen Embryonen ist und befinde mich in dieser Hinsicht in völliger Uebereinstimmung mit Balbiani.*)

---

*) Späterer Zusatz: Durch die Güte des Herrn Prof. Engelmann erhielt ich während des Druckes dieser Abhandlung einen von ihm verfassten Aufsatz, »Ueber Entwicklung und Fortpflanzung von Infusorien« (Morpholog. Jahrbücher, herausgegeben von Gegenbauer, Bd. I. pag. 573—634), der ursprünglich in holländischer Sprache in dem 3. Bande der 3. Reihe der Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool veröffentlicht worden war. Ich bedauere es sehr, dass ich nicht mehr in der Lage bin, diesen interessanten Aufsatz in meiner Arbeit völlig zu verwerthen, indem Engelmann in einer Reihe von Punkten zu ganz denselben Ansichten gelangte wie ich. So hat er sich speciell von seiner früheren Auffassung der vermeintlichen Embryonen völlig zu der Balbiani's bekehrt und

Erklärung des Holzschnittes: Figg. *a, b* und *m Vorticella nebulifera;* die übrigen Figuren von *Carchesium polypinum.* Fig. *d:* α, 3 der Nucleoluskugeln in ihrem Aussehen im lebenden Zustand, alle übrigen Darstellungen sind nach Essigsäurepräparaten entworfen. Figg. *h, i* und *l*: *x* od. α der Nucleolus.

Zunächst zerfällt also, wie die übereinstimmenden Beobachtungen von Stein, Greeff, Balbiani, Engelmann und mir ergeben haben, der Nucleus der conjugirten Thiere, in ähnlicher Weise wie z. B. bei *Param. Aurelia* oder *putrinum,* in einzelne Stücke (Fig. *a*), die sich noch weiter theilen, so dass sich also schliesslich die Nuclei beider Thiere in eine sehr grosse

liefert auch hinsichtlich der Embryonen der Vorticellen den thatsächlichen Nachweis, dass sie sich bei *Vorticella microstoma* von aussen in die sie beherbergenden Thiere einbohren, in derselben Weise, wie ich diesen Nachweis für die acinetenartigen Embryonen der Paramaecien und Stylonichien zu geben vermochte. Ich bin sehr erfreut, meine oben ausgesprochenen Betrachtungen über die Embryonen der Vorticellen in dieser Weise durch die Beobachtung bestätigt zu finden; mir selbst war es seither noch nicht möglich, diesen Fall eigenen Untersuchungen zu unterwerfen, da es mir bis jetzt leider nicht glückte, embryonenhaltige Vorticellinen in einiger Menge aufzufinden (vergl. Engelmann l. c. pag. 592 ff.).

Anzahl kleiner, jedoch keineswegs immer gleich grosser Segmente auflösen. Um die Umbildungen der Nucleoli*) hinreichend zu verfolgen, fehlte mir bis jetzt leider das genügende Material an Conjugationszuständen aus früherer Zeit, ich habe jedoch mit einiger Deutlichkeit in dem kleinen Conjugationsthier von *Carchesium polypinum*, in ähnlicher Weise wie Balbiani, zwischen den Nucleusbruchstücken zwei ansehnliche Kernspindeln (Samenkapseln) beobachtet; bei *Vorticella nebulifera* hingegen in einem Thier, mit dem der kleine Sprössling schon nahezu verschmolzen war, eine Kernspindel mit sehr deutlicher Kernplatte mit vollkommener Sicherheit beobachtet, eine danebenliegende zweite, weniger deutlich gesehen (Fig. *b*.). Schliesslich habe ich bei *Carchesium polypinum* ein aus der Conjugation hervorgegangenes Thier (Fig. *c*) beobachtet, bei dem die Verschmelzung der beiden Thiere schon völlig vollzogen war und welches zwei ganz deutliche Kernspindeln (ohne Kernplatte) neben zahlreichen Nucleusbruchstücken enthielt. Ob sich thatsächlich der Nucleolus des grossen Thieres während der Conjugation gar nicht weiter entwickelt, wie Balbiani angibt, vermag ich nicht zu sagen, ich halte es aber dann kaum für möglich, ihn mit Sicherheit von den Nucleusbruchstücken zu unterscheiden.

Die weiteren Zustände, welche ich sah, zeigen nun neben den Nucleusbruchstücken eine sehr verschiedene Zahl eigenthümlicher, runder, kernartiger Körper. Dieselben zeichnen sich im lebenden Zustand durch ihre lichte Beschaffenheit aus, die gegen die matten und dunkleren, dichteren Nucleusbruchstücke deutlich absticht. Häufig erkannte ich in ihrem Centrum ein recht deutliches, ganz helles Bläschen, welches seinerseits wieder ein dunkleres, kleines Körperchen einschloss. Nach Zusatz von Essigsäure sondert sich an ihnen eine sehr dunkle Hülle von einem ebenso beschaffenen Kern (Figg. *d*, *e*, *f*, *g*), in welchem letzteren noch das lichte Bläschen mit dem Körperchen häufig sehr kenntlich ist. An günstigen Objecten liessen sich zarte Fäden wahrnehmen, die strahlend vom Kern nach der Hülle verliefen, ein Verhalten, das wir im Vorstehenden von Kernen mehrfach erwähnt haben. Um die Hülle liess sich bei günstigen Objecten ausserdem, noch ein sehr zartes Häutchen nachweisen, wie dies ja an ähnlich beschaffenen Kernen uns mehrfach aufstiess (es ist dies das Homologon der Nucleusmembran der Infusorien).

---

*) Späterer Zusatz: Engelmann hat sich in seiner neuen Arbeit (l. c.) durch die so bestimmten Versicherungen Stein's, dass den Vorticellinen der Nucleolus fehle, verleiten lassen, gegenüber seinen früheren Erfahrungen (110), das regelmässige Vorkommen eines Nucleolus bei den Vorticellinen zu bezweifeln. Er sagt in der Anmerkung zu p. 631: »Er (der Nucleolus) kommt also jedenfalls nur sehr selten vor.« Ich kann dagegen versichern, dass das Vorkommen eines Nucleolus bei den von mir hierauf genau untersuchten und oben näher bezeichneten Vorticellinen ein ebenso regelmässiges ist, als etwa bei *P. Bursaria* und *Aurelia*. Es gehört auch kaum mehr Geschicklichkeit dazu, diesen Nucleolus bei den Vorticellinen aufzufinden, als bei den letztgenannten, holotrichen Infusorien.

Die Zahl dieser Kugeln ist, wie gesagt, sehr verschieden; bei *Carchesium polypinum* fand ich einmal 15 (Fig. *d*), sehr häufig sieben (fraglich blieb bis jetzt die Zahl acht), vier, drei, zwei und eine; bei *Vorticella nebulifera* fand ich die gleichen Zahlen, nur nicht 15. Was die Bedeutung dieser Körper anlangt, so sind sie einmal identisch mit den Eiern Balbiani's, dann aber auch mit den Keimkugeln Stein's bei den nicht stockbildenden Vorticellen. Es fragt sich aber nun, wo sie eigentlich herstammen und da kann ich nicht anstehen, sie von den Nucleoli (oder dem Nucleolus des einen Thieres, wenn sich die Balbiani'sche Beobachtung bestätigt) herzuleiten. Man vergleiche nur zum Beispiel das von mir eruirte Verhalten der Nucleoli der Paramaecien nach der Conjugation und ihren Uebergang in lichte Körper, die Balbiani gleichfalls für Eier hielt. Man wird mir zugestehen, dass diese Annahme die einzig mögliche ist, wenn man sich über das gleich zu beschreibende, zukünftige Schicksal dieser Körper orientirt haben wird. Um diesem näher zu treten, fragt es sich zunächst, wie erklärt sich die so verschiedene Zahl, in welcher sich die Körper in den einzelnen, aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren vorfinden. Balbiani würde hierauf ohne Zweifel antworten: einmal dadurch, dass sich nicht immer die gleiche Zahl Eier entwickelt und dann durch die allmälig statthabende Ausstossung dieser Eier. Zur Entscheidung dieser Frage muss ich zunächst hervorheben, dass die Zahl der Körper mit ihrer Grösse im umgekehrten Verhältniss steht, dass dieselben also in dem Maasse, als sie sich an Zahl vermindern, allmälig mehr heranwachsen woraus der Schluss zu ziehen ist, dass diejenigen Thiere, welche die kleinere Zahl jedoch grösserer Kugeln enthalten, die in der Entwicklung weiter fortgeschrittenen sind. Bei der solitären *Vorticella nebulifera* wäre es nun kaum mit einiger Sicherheit zu bewerkstelligen, hinter das Geheimniss von der allmäligen Abnahme dieser Körper in den einzelnen Thieren zu kommen, dagegen lässt sich dies mit Sicherheit bei dem *Carchesium polypinum* erreichen und zwar ergibt sich, dass die allmälige Abnahme der Zahl dieser Körper in den einzelnen Thieren eine Folge fortwährender Theilung der aus der Conjugation hervorgegangenen Individuen ist. Bei *Carchesium* nämlich, wo die Theilsprösslinge zu einem Stock vereinigt bleiben, lässt sich ja die Genealogie der einzelnen Individuen des Stockes mit Sicherheit bis zu einem gewissen Punkte zurück verfolgen. So findet man denn, dass die Thiere mit sieben Körpern gewöhnlich einen, demselben Stiel entspringenden Gefährten mit gleichfalls sieben Körpern neben sich haben (Fig. *e*). Die absolut gleiche Beschaffenheit beider Thiere, die Kürze ihrer Stiele und die häufige Wiederkehr dieses Verhältnisses macht das Hervorgehen dieser Formen aus solchen, wie Fig. *d* mit 15 Kugeln, durch einfache Theilung unabweisbar. Noch characteristischer jedoch gestaltet sich das Verhältniss der mit vier und drei Kugeln versehenen Thiere, welches keinen

Zweifel übrig lässt, dass dieselben durch Theilung der mit sieben Kugeln versehenen Individuen hervorgegangen sind. Das in Fig. *g* abgebildete Zusammenstehen von einem mit vier und einem mit drei Kugeln versehenen Thier auf gemeinsamem Ast und manchmal gerade erst angelegten Stielchen, ist so häufig, dass für mich kein Zweifel über die Richtigkeit der von mir gegebenen Deutung mehr vorhanden bleibt. Ferner sah ich jedoch auch drei kleine Thiere mit je zwei Kugeln von gemeinsamem Ast entspringen; die Anordnung derselben ergab, dass zuerst eine Theilung eines, sechs Kugeln enthaltenden Thieres zu zweien stattgefunden hatte, von welchen das eine vier, das andere zwei Kugeln enthielt, hierauf theilte sich das erstere nochmals, so dass nun jedes Thier mit zwei Kugeln versehen war. Diese Theilungen der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere können uns nicht besonders auffallen, da wir ja dieselbe Erscheinung schon bei *P. Aurelia* und noch characteristischer bei *P. putrinum* gefunden haben. Für die Richtigkeit meiner Auffassung spricht fernerhin, dass auch die Zahl der Nucleusbruchstücke sich mit der Abnahme der Zahl der Kugeln stets vermindert.*)

Nachdem nun aber durch fortgesetzte Theilung die Zahl der Kugeln der verschiedenen Individuen bis auf drei oder vier herabgesunken ist, macht sich allmälig eine characteristische Veränderung ihrer Beschaffenheit geltend. Indem sie nämlich noch immer an Grösse zunehmen, verliert sich jetzt allmälig der früher nach Zusatz von Essigsäure so characteristische Binnenkörper, nebst dem in ihm enthaltenen hellen Bläschen etc., indem derselbe sich in eine granulirte Masse auflöst, die mit der dunkelen Hülle in continuirlichen Zusammenhang tritt (Fig. *h*), so dass wir schliesslich, als Resultat dieses Umwandlungsprocesses, einen durch Essigsäurezusatz feingranulirten Körper erhalten, der von einer zarten Hülle umschlossen wird. Die Kugeln, welche früher den Bau von Kernen gewisser Rhizopoden oder Gewebezellen höherer Thiere hatten, sind demnach durch diese Metamorphose in den characteristischen Zustand der Nuclei der Infusorien übergeführt worden (Figg. *h* u. *i*). Nicht immer erfolgt diese Umwandlung jedoch bei Gegenwart von drei oder vier Kugeln, wiewohl dies der normale Fall zu sein scheint; zuweilen scheint die Vorticelle sich zuvor noch weiter zu theilen, wodurch sich das

*) Späterer Zusatz: Nachträglich finde ich nun auch in der neuen Arbeit von Engelmann die directe Bestätigung meiner Auffassung durch Beobachtung. Engelmann hat nämlich ein aus der Conjugation hervorgegangenes Individuum von *Vorticella microstoma* in der Theilung beobachtet (l. c. pag. 596 und Taf. XXI. Fig. 21). Jedes der durch Theilung neuentstandenen Individuen enthält zwei ansehnliche der oben beschriebenen Nucleoluskugeln und eine Anzahl kleiner Nucleusbruchstücke. In gleicher Weise beobachtete Engelmann auch knospenförmige Theilung (Fig. 22) kurz nach vollzogener Conjugation. In der Darstellung, die Engelmann jedoch von dem Verlaufe der knospenförmigen Conjugation bei *Vorticella microstoma* und *Epistylis plicatilis* gibt, verwerthet er diese Beobachtung nicht, weicht überhaupt von meiner Auffassung sehr ab.

Vorkommen von Individuen erklärt, welche nur zwei oder eine Kugel, jedoch noch von der ursprünglichen Beschaffenheit, enthalten.

Diese so umgewandelten Kugeln setzen nun ihr Wachsthum weiter fort und gleichzeitig vermindert sich ihre Zahl durch weitere Theilungen der betreffenden Vorticellen, bis schliesslich Zustände erreicht werden, wo sich nur eine solche nucleusartige, ansehnliche Kugel neben einer sehr reducirten Anzahl von Bruchstücken der ehemaligen Nuclei vorfindet (Fig. *k*).

Neben diesem so sehr herangewachsenen Körper trifft man nun immer weniger Nucleusbruchstücke an, bis schliesslich gar keine mehr zu finden sind. Dagegen traf ich schon auf den Stadien der Figg. *h*, *i* und schliesslich neben dem mächtig herangewachsenen Körper, von dem es nun nicht mehr zweifelhaft sein kann, dass er den neugebildeten Nucleus der aus der Conjugation hervorgegangenen Vorticelle darstellt, einen characteristischen Nucleolus (Figg. *h*, *i* und *l*, *x* od. *α*). Ueber die Herkunft dieses Nucleolus wage ich vorerst keine Ansicht auszusprechen, ich glaube jedoch, dass es meinen jetzigen Erfahrungen am meisten entsprechen würde, wenn sich die Balbiani'sche Ansicht bestätigen sollte, dass dieser Nucleolus der unverändert erhalten gebliebene des grossen Conjugationsthieres sei. Leider muss ich aber vorerst auch hier noch das Schicksal der Bruchstücke der ehemaligen Nuclei der sich conjugirenden Thiere zweifelhaft lassen; ich habe bis jetzt kein Anzeichen dafür zu finden vermocht, dass dieselben sich mit dem neugebildeten Nucleus vereinigten, ich kann sogar von *Vorticella nebulifera* einige, wiewohl nicht ganz vorwurfsfreie Beobachtungen anführen, die mir die schliessliche Vereinigung der Nucleusbruchstücke mit dem neugebildeten Nucleus sehr unwahrscheinlich machen. Unter den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren traf ich nämlich hier auch auf einige, die schon wieder einen bandförmigen, gewöhnlichen Nucleus enthielten, daneben jedoch noch eine geringe Anzahl von kleinen Körpern, die vollständig den Nucleusbruchstücken der aus der Conjugation hervorgegangenen Individuen entsprachen. Hätte ich es in diesem Falle nicht versäumt, mich durch Färbungsversuche über die Natur jener Körperchen noch mehr zu versichern, so würde ich nicht anstehen, diesen Beobachtungen eine grössere Tragweite in dem Sinne zuzuschreiben, dass das Vorkommen von ehemaligen Bruchstücken der alten Nuclei neben einem neuen, der schon wieder die characteristische Formation des Nucleus der Vorticellen angenommen hat dafür spreche, dass die Bruchstücke des alten Nucleus bei der Reconstitution des neuen keine Verwendung finden, sondern wahrscheinlich ausgeworfen werden.

Unter den oben erwähnten Formen von *Vorticella nebulifera* traf ich nun auch auf die eigenthümliche, welche ich mir erlaubt habe, in Fig. *m* wiederzugeben. Hier fanden sich zwei bandförmige Nuclei von mässiger Länge im Vordertheil des Körpers, zwischen welchen es

mir ganz unmöglich war einen Zusammenhang zu entdecken. Daneben fanden sich noch eine Anzahl characteristischer Nucleusbruchstücke im Leibe des Thieres zerstreut. Eine Erklärung für diese eigenthümliche Form kann ich nur darin finden, dass in diesem Falle ausnahmsweise zwei der neugebildeten Nuclei (vergl. z. B. Fig. *i*) frühzeitig bandartig ausgewachsen seien.

Die hier vorgetragene Auffassung der Conjugationserscheinungen der Vorticellen*) scheint mir am besten meinen, bis jetzt leider nur sehr lückenhaften Beobachtungen zu entsprechen und gleichzeitig allein einen Anschluss an die, von mir bei anderen Infusorien ermittelten Verhältnisse zu gestatten. Hoffentlich wird sich mir Gelegenheit bieten, die noch vorhandenen Lücken auszufüllen, sobald eine Beschaffung des nöthigen Materiales wieder möglich ist.

Bekanntlich findet sich jedoch bei den Vorticellen, wie zuerst die Untersuchungen von Claparède und Lachmann zeigten, auch Conjugation von zwei Individuen gleicher Beschaffenheit auf ihren Stielen. Ich habe diese Form der Conjugation bis jetzt ein einziges Mal bei *Vorticella nebulifera* beobachtet. Die betreffenden Thiere wurden zwei Tage in dem conjugirten Zustande verfolgt; die genauere Untersuchung nach Ablauf dieser Frist ergab mit Sicherheit, dass dieselben einen zusammenhängenden, bandförmigen Nucleus besassen; die jedem einzelnen Individuum angehörige Hälfte war etwas kürzer als der Nucleus eines gewöhnlichen Thieres, die feinere Beschaffenheit war dieselbe wie im normalen Zustand. Die Beobachtung von Nucleoli gelang nicht. Es scheint demnach, als wenn sich diese eigenthümliche und seltene Form der Conjugation der Vorticellen jenen von Engelmann bei *Stylonichia* beobachteten Conjugationserscheinungen anschlösse, in Folge deren die zwei zusammengetretenen Thiere völlig miteinander verschmelzen und auch ihre Nuclei (und Nucleoli?) sich gänzlich miteinander vereinigen, worauf ohne weitere Absonderlichkeiten aus dem Verschmelzungsproduct wieder ein normales, sich durch Theilung fortpflanzendes Thier hervorgeht.

Noch muss ich mit einigen Worten eines Werkes gedenken, dass erst einige Zeit nach Vollendung des Manuscriptes in meine Hände gelangte. Ich meine die »Études sur les microzoaires« von E. de Fromentel (116). Es wäre ein zu billiges Vergnügen, wenn ich es mir hier zur Aufgabe machte, dem Verfasser dieser Studien, der ohne Zweifel viel Zeit und Mühe auf die Beobachtung der Infusorien verwandt hat, im Einzelnen nachweisen zu wollen, wie wenig seine Ansichten über Bau und Fortpflanzung der Infusorien mit den Ergebnissen

*) Die wenigen, früher von mir gesehenen und im Laufe der vorstehenden Abhandlung beschriebenen Stadien der *Vorticella Campanula* wird sich der Leser leicht den jetzigen Erfahrungen gemäss deuten können.

der Forschungen der Neuzeit harmoniren. Fromentel befindet sich, bezüglich der neueren Untersuchungen seit Claparède und Lachmann, in der naivsten Unkenntniss; so ist ihm nicht nur das grosse Werk Stein's »der Organismus der Infusionsthiere« gänzlich unbekannt, sondern es sind dies auch die wichtigsten Arbeiten Balbiani's, seines Landsmannes. Ich glaube daher kein Unrecht zu begehen, wenn ich ein näheres Eingehen auf dieses Werk, hier unterlasse.*)

---

*) Einige während des Druckes dieser Arbeit erschienene Schriften über die Vermehrung der Zellkerne etc. konnten nicht mehr eingehender berücksichtigt werden, da einmal durch dieselben die Auffassung meiner Beobachtungen nicht beeinträchtigt wurde, anderseits ein näheres Eingehen auf dieselben eine wesentliche Umgestaltung des schon vor der Abfassung dieser Arbeiten vollendeten Manuscriptes erfordert hätte, was nicht in meiuer Absicht lag. Die betreffenden Arbeiten sind:

Mayzel, W. Ueber eigenthümliche Vorgänge bei der Theilung der Kerne in den Epithelialzellen (Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875. No. 50.)

Auerbach, L. Zur Lehre von der Vermehrung der Zellkerne (Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1876. No. 1).

Auerbach, L. Zelle und Zellkern, Bemerk. zu Strasburger's Schrift: Ueber Zellbildung und Zelltheilung (Beiträge zur Biologie der Pflanzen, herausgeg. v. F. Cohn, Bd. II. Heft I).

Auch die Mittheilungen über die Kerntheilung in den Eiern der Seeigel, welche O. Hertwig in seiner mehrfach citirten Arbeit (118) gibt, sowie diejenigen E. v. Beneden's hinsichtlich der Blastodermzellen des Kanincheneies (l. c. vergl. oben p. 229), konnten leider nicht näher besprochen werden.

Verzeichniss der benützten Literatur

(insofern dieselbe nicht schon im Text angeführt worden ist). *)

1. ***Frey, H.,*** Zur Entwicklungsgeschichte des gemeinen Blutegels, *Hirudo vulgaris, Nephelis vulgaris* Sav. Froriep's Neue Notizen 1846 p. 228.
2. ***Grube, A. E.,*** Untersuchungen über die Entwicklung der Clepsinen. Königsberg, 1844.
3. ***Rathke, H.,*** Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Hirudineen. Herausgegeben von R. Leuckart. Leipzig, 1862.
4. ***Ratzel, Fr.,*** Vorläufige Nachricht über die Entwicklungsgeschichte von *Lumbricus* und *Nephelis*. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, Bd. XIX. p. 281.
5. — Histologische Untersuchungen an niederen Thieren. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. XIX. p. 259.
6. ***Kowalewsky, A.,*** Embryologische Studien an Würmern und Arthropoden. Mémoires de l'Académie imp. de St. Pétersbourg. T. XVI. 1871. No. 12.
7. ***Claparède, E.,*** De la formation et de la fécondation des oeufs chez les vers nématodes. Mémoires de la société de physique de Genève. 1859.
8. ***Kölliker, A.,*** Beiträge zur Entwicklungsgeschichte wirbelloser Thiere. Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1843. p. 68.
9. ***Reichert,*** Der Furchungsprocess und die sogenannte Zellbildung um Inhaltsportionen. Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1846. p. 196.
10. ***Schneider, A.,*** Monographie der Nematoden. Berlin 1866.
11. ***Leuckart, R.,*** Die menschlichen Parasiten. Bd. II. Leipzig, 1867—75.
12. ***von Willemoes-Suhm, R.,*** Ueber einige Trematoden und Nemathelminthen. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXI. p. 177—203.
13. ***van Beneden, Ed.,*** Recherches sur la composition et la signification de l'oeuf. Mém. cour. et mém. des sav. étrang. de l'Académie roy. de Belgique. T. 34. 1870.
14. ***Bütschli, O.,*** Beiträge zur Kenntniss der freilebenden Nematoden. Nov. Acta Ac. Cs. Leop. C. Bd. 36. No. 5. 1873.
15. — Vorläufige Mittheilung über Untersuchungen, betreffend die ersten Entwicklungsvorgänge im befruchteten Ei von Nematoden und Schnecken. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXV. p. 201—13.
16. ***Munk,*** Ueber Ei- und Samenbildung und Befruchtung der Nematoden. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. IX.
17. ***Auerbach, L.,*** Organologische Studien, 1. Heft. Breslau, 1874.
18. — Organologische Studien, 2. Heft. Breslau, 1874.
19. ***Robin, Ch.,*** Mémoire sur les globules polaires de l'ovule. Journal de la physiol. et de l'anatom. de l'homme et des animanx. 1862. T. V. p. 149.

*) Einige kleine Unregelmässigkeiten in der Nummerirung, die leider nicht mehr zu ändern waren, bitte ich zu entschuldigen.

20. ***Robin, Ch.,*** Mémoire sur les phénomènes qui se passent dans l'ovule avant la segmentation du vitellus. ibid. p. 65.
21. — Note sur la production du noyeau vitelline. ibid. p. 309.
22. — Mémoire sur la production du blastoderme chez les Articulés. ibid. p. 348.
23. ***Lereboullet, A.,*** Rech. d'embryol. comparée, 3. part., Embryol. du *Lymnaeus stagnalis.* Ann. d. sciences nat. Zoolog. 4. sér. T. XVIII. p. 87—211.
24. ***Ratzel, Fr.*** und ***Warschawsky, M.,*** Zur Entwicklungsgeschichte des Regenwurms *(Lumbricus agricola* Hoffm.). Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd XVIII. p. 547—62.
25. ***Leydig, F.,*** Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der *Lacinularia socialis.* Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. III. 1851. p. 452—74.
26. ***Huxley,*** »*Lacinularia socialis*«. A Contribution to the Anatomy and Physiology of the Rotatoria. — Transact. of the microsc. society of London. 1852. p. 1.
27. ***Flemming, W.,*** Studien in der Entwicklungsgeschichte der Najaden. Sitzungsber. der k. Akademie d. Wissenschaften zu Wien. Bd. LXXI. III. Abth. 1875. p. 1—132.
28. ***Mecznikoff, E.,*** Embryologische Studien an Insecten. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, Bd. XVI.
29. ***Balbiani,*** Mémoire sur le développement des aranéides. Ann. des sciences nat. Zoolog. 5 sér. T. XVIII. 1873. p. 1—91.
30. ***Bütschli, O.,*** Vorläufige Mittheilung über Bau und Entwicklung der Samenfäden bei Insecten und Crustaceen. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXI. p. 402—414.
31. ***von Lavalette St. George, A.,*** Ueber die Genese der Samenkörper. Dritte Mittheilung. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. X. p. 495—504.
32. ***Remak, R.,*** Ueber die Theilung der Blutzellen beim Embryo. Arch. f. Anatomie u. Physiologie. 1858. p. 178—88.
33. ***Heitzmann,*** Untersuchungen über das Protoplasma I—III. Sitzungsber. der k. Akademie d. Wissenschaften zu Wien. Physik.-mathem. Klasse. 1873. III. Abth.
34. ***Ratzel, Fr.,*** Beiträge zur anatomischen und systematischen Kenntniss der Oligochaeten. Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. XVIII. p. 563—91.
35. ***Fol, H.,*** Études sur le développement des mollusques. 1. mém. Sur le développement des ptéropodes. Archives de Zoologie expériment. Bd. IV p. 1—144.
37. ***Gegenbauer, C.,*** Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. Leipzig, 1855.
38. ***Leuckart, R.,*** Zoologische Untersuchungen. 3. Heft. Beiträge zur Naturgeschichte der Cephalophoren. Giessen, 1854.
39. ***Selenka, E.,*** Eifurchung und Larvenbildung von *Phascolosoma elongatum* Keferst. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXV. p. 442—50.
40. — Embryologie von *Cucumaria doliolum.* Sitzungsberichte der physik.-medicin. Gesellsch. zu Erlangen. 1875, Juni.
41. ***Desor, E.,*** Embryologie von *Nemertes.* Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1848. p. 511—26.
42. ***Dieck, G.,*** Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Nemertinen. Jenaische Zeitschrift f. Medic. u. Naturwissensch. Bd. VIII. 1874. p. 500—520.
43. ***Kleinenberg, N.,*** Hydra, eine anatomisch-entwicklungsgeschichtliche Studie. Leipzig, 1872.
44. ***Semper, C.,*** Ueber die Entstehung der geschichteten Cellulose-Epidermis der Ascidien. Verhandl. der physik.-medic. Gesellschaft zu Würzburg, N. F. Bd. VIII.
45. ***Oellacher, J.,*** Beiträge zur Geschichte des Keimbläschens im Wirbelthierei. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. VIII. p. 2—27.
46. ***Eimer, Th.,*** Untersuchungen über die Eier der Reptilien. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. VIII. p. 216—43. u. p. 397—434.
47. ***Bischoff, Th. L. W.,*** Entwicklung des Hundeeies. Braunschweig, 1845.
48. ***Mecznikoff, E.,*** Studien über die Entwicklung der Medusen und Siphonophoren. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXIV. p. 15—83.

49. ***Götte, A.,*** Entwicklungsgeschichte der Unke. Leipzig, 1875.

51. ***Ray-Lankester,*** Summary of zoological observations made at Naples in the winter 1871—72. Ann. a. magaz. of nat. history; IV. ser. T. XI. 1873. p. 82—97.

52. ***Flemming, W.,*** Ueber die ersten Entwicklungserscheinungen im Ei der Teichmuschel. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. X. p. 257—92.

53. ***von Jhering, H.,*** Ueber die Entwicklungsgeschichte der Najaden. Sitzungsberichte d. naturf. Gesellschaft zu Leipzig. 1. Jahrgang. 1874. p. 3—8.

54. ***Schenk, S. L.,*** Entwicklungsvorgänge im Eichen von *Serpula* nach der künstlichen Befruchtung. Sitzungsberichte d. Wiener Akad. Mathem.-naturwiss. Klasse. 1874. Bd. 70. 3. Abth. p. 287—310.

55. ***Strasburger, E.,*** Ueber Zellbildung und Zelltheilung. Jena, 1875.

56. ***Müller, Joh.,*** Ueber *Synapta digitata* und über die Erzeugung von Schnecken in Holothurien. Berlin, 1852.

57. ***Fol, H.,*** Die erste Entwicklung des Geryonideneies. Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. VII. p. 471—92.

58. ***Schneider, A.,*** Untersuchungen über Plathelminthen. 14. Jahresbericht der oberhessischen Gesellschaft f. Natur- u. Heilkunde. 1873.

59. ***Oellacher, J.,*** Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Knochenfische nach Beobachtungen am Bachforellenei. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXII. p. 373—421.

60. ***Stein, Fr.,*** Die Infusionsthiere auf ihre Entwicklungsgeschichte untersucht. Leipzig, 1854.

61. ***Claparède*** et ***Lachmann,*** Études sur les infusoires et les rhizopodes. 1. et 2. parties. Anatomie et classification. Genève et Bâle, 1858.

62. — Études sur les infusoires 3. part. De la reproduction des infusoires.

63. ***Balbiani, G.,*** Note sur l'existence d'une génération sexuelle chez les infusoires. Journ. de l'anat. et de la physiologie etc. T. I. p. 347.

64. — Du role des organes générateurs dans la division spontanée des Infusoires ciliées. Journ. de l'anat. etc. T. III. 1860. p. 71—87.

65. — Note sur un cas de parasitisme improprement pris pour un mode de reproduction des infusoires ciliées. Compt. rend. de l'Acad. 1860. T. 51. p. 319.

65a. — Observations et expériences sur les phénomènes de la reproduction fissipare chez les infusoires ciliées. Cmpt. rend. T. 50. 1860. p. 1191—95.

65b. — Sur la génération sexuelle des Vorticelliens. Compt. rend. de l'Acad. de sciences. T. 81. p. 676—79.

66. — Recherches sur les phénomènes sexuelles des infusoires. Journ. de l'anat. et de physiol. de l'homme etc. T. IV. 1861. p. 102—130; 194—220 u. 465—520.

67. ***Stein, Fr.,*** Der Organismus der Infusionsthiere. Bd. I. Leipzig, 1859.

68. — Der Organismus der Infusionsthiere. Bd. II. Leipzig, 1867.

69. — Ueber einige neuere Resultate seiner Infusorienforschungen. Tageblatt der 42. Versammlnng deutscher Naturforscher und Aerzte zu Dresden. 1868. p. 82.

70. ***Meznikoff, E.,*** Ueber die Gattung *Sphaerophrya.* Arch. f. Anatomie u. Physiologie. 1864. p. 258—61.

71. ***Eberhard, E.,*** Beitrag zur Lehre der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XVIII. p. 120—23.

Eckhard, C., Die Organisation der polygastrischen Infusorien mit besonderer Rücksicht auf die kürzlich durch v. Siehold ausgesprochenen Ansichten über diesen Gegenstand. Archiv für Naturgeschichte. 1846. I. p. 209—35.

72. ***Schaaffhausen,*** Ueber die Organisation der Infusorien. Verhandl. d. naturhist. Vereins der preuss. Rheinlande und Westphalens. 3. Folge. 5. Jahrg. 1868. Correspondenzbl. p. 52—56.

73. ***Greeff, R.,*** Untersuchungen über den Bau und die Naturgeschichte der Vorticellen. Archiv f. Naturgeschichte. 1870. Bd I, p. 353—84 u. 1871. Bd. I. p. 185—221.

74. ***Everts, E.,*** Untersuchungen an *Vorticella nebulifera.* Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXIII. p. 592—622.

75. ***Hertwig, R.***, Ueber *Podophrya gemmipara*, nebst Bemerkungen zum Bau und zur systematischen Stellung der Acineten. Morphолog. Jahrbücher, herausgegeben von Gegenbauer. Bd. I. p. 20—82.

76. ***Hertwig, R.*** und ***Lesser, E.***, Ueber Rhizopoden und denselben nahestehende Organismen. Archiv für mikrosk. Anatomie. Bd. X. Supplementheft, p. 35—243.

77. ***Hertwig, R.***, Ueber *Mikrogromia socialis*, eine Colonie bildende Monothalamie des süssen Wassers. Arch. f. mikrosk. Anatomie; Bd. X. Supplementheft, p. 1—34.

78. ***Bütschli, O.***, Einiges über Infusorien. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. IX. p. 657—78.

79. — Vorläufige Mittheilung einiger Resultate von Studien über die Conjugation der Infusorien und die Zelltheilung. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXV. p. 426—41.

80. — Zur Kenntniss der Fortpflanzung bei *Arcella vulgaris*. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. XI. p. 459—67.

81. ***Häckel, E.***, Zur Morphologie der Infusorien. Jenaische Zeitschrift für Medicin u. Naturwissenschaften. Bd. VII. p. 516.

82. ***Claus, C.***, Bemerkungen zur Lehre von der Einzelligkeit der Infusorien. Verhandl. der k. k. zoolog.-botan. Gesellschaft zu Wien, 1874.

83. ***Greeff, R.***, *Pelomyxa palustris* (*Pelobius*), ein amöbenartiger Organismus des süssen Wassers. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. X. p. 51—73.

84. ***Schultze, F. E.***, Rhizopodenstudien I. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. X. p. 328—50.

85. — Rhizopodenstudien IV. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. XI. p. 329—53.

87. ***Schneider, A.***, Zur Kenntniss der Radiolarien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXI. p. 505—12.

88. — Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Radiolarien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXIV. p. 579—80.

89. ***Wallich, G. C.***, On an undescribed indigenous form of Amoeba. Ann. a. magaz. of nat. history, 3. ser. T. 11. p. 287—91 und Further observations on an undescribed indigenous Amoeba. Ebendaselbst p. 365—71 u. 434—53.

90. ***Carter, H. J.***, On Amoeba princeps and its reproductive Cells, compared with *Aethalium*, *Pythium*, *Mucor* and *Achlya*. Ann. a. magaz. of nat. history. 3. ser. T. 12. p. 30—52.

91. ***Cienkowski, L.***, Ueber *Noctiluca miliaris*. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. IX. p. 47—61.

92. ***Kölliker, A.***, *Icones histiologicae*. 1. Abtheilung. Der feinere Bau der Protozoën. Leipzig, 1864.

93. ***Pfitzer, E.***, Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bacillariaceen (Diatomeen), in Joh. Hanstein, Bot. Abhandlungen aus dem Gebiete der Morphologie und Physiologie. 2. Heft. Bonn 1871.

94. Botanischer Jahresbericht, herausgegeben von Leop. Just. Bd. I.

95. ***de Bary, A.***, Ueber die Copulationsprocesse im Pflanzenreiche. Berichte der naturf. Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau. 1856. Sitzung v. 3. Novbr.

96. ***Sachs, J.***, Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. Leipzig, 1874.

97. ***Pringsheim, N.***, Ueber Paarung von Schwärmsporen, die morpholog. Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche. Monatsberichte der Berliner Akademie 1869.

98. ***de Bary, A.***, Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig, 1866.

99. ***Wrzesniowski, A.***, Beobachtungen über Infusorien aus der Umgebung von Warschau. Zeitschrift für wiss. Zoologie. Bd. XX. p. 467—511.

101. ***Balbiani, G.***, Observations sur le *Didinium nasutum* Stein. Archives de zoologie expér. T. II. 1873. p. 363—94.

102. ***van Beneden, Ed.***, Recherches sur l'évolution des Grégarines. Bullet. de l'Acad. roy. de Belgique, 1871. T. XXXI. No. 5.

103. ***Häckel, E.***, Monographie der Kalkschwämme. Bd. I. Berlin, 1873.

104. ***Schneider, A. C. J.***, Sur quelques points de l'histoire du genre *Gregarina*. Archives de zoolog. expériment. T. II. 1873. p. 515—33.

105. ***Villot, A.,*** Monographie des Dragonneaux. 2. partie. Archives de zoolog. expérimentale. Vol. III. 1874. p. 181—238. (Mir nur durch den Bericht Nitsche's, 1874. p. 365 bekannt).

106. ***Greeff, R.,*** Ueber freilebende Nematoden. Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn. 1870.

107. — Ueber Radiolarien und radiolarienartige Rhizopoden des süssen Wassers. Sitzungsberichte der Gesellschaft z. Beförderung d. ges. Naturwissensch. z. Marburg, 1873. No. 5. p. 47—64.

108. ***Ehrenberg,*** Die Infusionsthiere als vollkommene Organismen. Leipzig, 1838.

109. ***von Jhering, H.,*** Ueber die Entwicklungsgeschichte von *Helix*. Jenaische Zeitschrift f. Medicin und Naturwissensch. Bd. IX. 1875. p. 299—338.

110. ***Engelmann, Th. W.,*** Zur Naturgeschichte der Infusionsthiere. Zeitschrift f. wiss. Zoologie. Bd. XI. p. 347—93.

111. ***Warneck, N. A.,*** Ueber die Bildung und Entwicklung des Embryos bei Gastropoden. Bullet. de la société des naturalistes de Moscou. T. XXIII. p. 90—194.

112. ***Derbès,*** Observations sur le mécanisme et les phénomènes qui accompagnent la formation de l'embryon chez l'oursin comestible. Ann. d. sciences nat. Zoologie. III. sér. T. VIII. p. 80—99.

113. ***Müller, A.,*** Ueber die Befruchtungserscheinungen im Ei der Neunaugen. Schriften der königl. physik.-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg, 5. Jahrg. 1864. p. 109—19.

114. ***Bischoff, Th. L. W.,*** Mém. sur la maturation et la chute périodique de l'oeuf de l'homme et des mammifères, indépendamment de la fécondation. Ann. d. sc. nat. Zoolog. 3. sér. T. 2. p. 104—162.

115. ***de Quatrefages, A.,*** Études embryogéniques. Mémoire sur l'embryogénie des tarets. Ann. des sciences nat. Zool. 3. sér. T. 11. p. 202—28.

116. ***de Fromentel, E.,*** Études sur les microzoaires ou infusoires proprement dits. Fascic. 1 u. 2. Paris, 1874.

117. ***Müller, P. E.,*** Jagttagelser over nogle Siphonophorer. Schioedte's Naturhistorisk Tidskrift. 3 R. Bd. 7. 1871. p. 261—332.

118. ***Meissner,*** Ueber die Befruchtung der Eier von *Echinus esculentus*. Verhandl. d. naturf. Gesellsch. in Basel, 1856. 3. Heft. p. 374.

Hertwig, O., Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Morphologische Jahrbücher, herausgegeben von Gegenbauer. Bd. 1. p. 347—434. (Auch separat.)

Alphabetisches Namen- und Sachregister.

(Nur das Wichtigere ist berücksichtigt.)

A.

Abwechslung v. Conjugation u. Quertheilung bei *Param. putrinum* 58.

Acineten, Schwärmsprösslinge 131.

Acineta mystacina, Theilung 70.

Actinophrys Sol, Verschmelzung 210.

Actinosphaerium Eichhorni, Bau der Nuclei 67; Kerntheilung 164; Kernverschmelzung 162; Conjugation 210.

Amöba polypodia, Kerntheilung 205.

— *princeps*, Kerne 68, 164.

— *villosa* 166.

Amöboide Bewegung des Dotters bei *Diplogaster* 23; bei *Tylenchus pellucidus* 23; bei *Oxyuris* 24.

Anguillula rigida, Erste Entwicklungserscheinungen 19.

Anodonta, Richtungsbläschen 178.

Aphiden, Erste Entwicklungsvorgänge im Pseudovum 36.

Aplysia, Ausstossung des Eikerns 178.

Arcella, Conjugation 210.

Argulus foliaceus, Schwinden der Keimflecke 223.

Ascaris dentata 16.

Ausstossung des Eikerns: bei *Nephelis* 4, bei *Cucullanus* 12, bei *Limnaeus* 28, bei den Coniferen 229, im Allgemeinen 169, Zeit derselben 217 Anmerk., 229.
vollständig oder nicht? 224.

Ausstossung des Richtungsbläschens bei *Tylenchus* 19.

Austausch von Nucleoluskapseln bei *Param. Bursaria* und *putrinum* 82.

B.

Balantidium entozoon, Theilung des Nucleolus 75.

Beikern der Spermatozoenkeimzellen v. *Blatta germanica* 40.

Blatta germanica, Theilung der Keimzellen der Spermatozoën 38; Urkeimzellen der Spermatozoën 39.

Blepharisma lateritia, Conjugation 102.

Blastodermzellen der Insecten, Theilung 49.

Blutkörperchen, embryonale, rothe, des Hühnchens, Theilung 43.

Blutkörperchen, weisse von *Rana* u. *Triton* 45.

— rothe 45.

Bombinator igneus, Keimbläschen 163; Untergang des Keimbläschens 177; Kernverhalten bei der Furchung 198.

Brachionus, Furchung 34.

Bursaria truncatella, Bau des Nucleus 65, Nucleoli 73, 74, Conjugation 109.

C.

Carchesium polypinum, Theilung des Nucleus 70, Theilung des Nucleolus 72, Conjugation 232.

Centralhöfe der Dotterstrahlung bei der Kerntheilung; Entstehung derselben 191.

Chilodon Cucullulus, Nucleus 66, Conjugation 105.

Clepsine, Richtungsbläschen 9.

Colpidium Colpoda, Nucleolus 74, Conjugation 100.

Condylostoma Vorticella, Conjugation 107.

Coniferen, Metamorphose des Eikerns 226; Ausstossung des Eikerns 229.

Conjugation der Infusorien, Auftreten derselben 54, Historisches 50, Bedeutung derselben 208.

Conjugation der Protozoën überhaupt 210, der niederen Pflanzen 210, der Diatomeen 211, Conjugation und Befruchtung bei Pflanzen 214. Conjugation und Befruchtung bei Thieren 215.

Cucullanus elegans, Erste Entwicklungsvorgänge 10, Befruchtung 11, Metamorphose des Eikerns 12, Ausstossung des Eikerns 12, Bildung des ersten Furchungskernes 13, Theilung desselben 14.

Cyphoderia, Conjugation 210.

D.

Didinium nasutum, Theilung 70.
Difflugia, Conjugation 210.
Dileptus gigas, Nucleoli 73.
Diplogaster, erste Entwicklungserscheinungen 19. Bildung des ersten Furchungskernes 23.
Distomum cygnoides, vermeintl. Theilung des Keimbläschens 181, Kerntheilung bei der Furchung 187.
Dotterstrahlung bei der Theilung, frühere Beobachtungen 184, Bedeutung 202.
Dotterkerne, Bedeutung bei der partiellen Furchung 198 Anmerk.

E.

Ectoderm, Bildung bei *Nephelis* 9.
Einzelligkeit der Infusorien 161.
Elasmobranchier, Kerne im Dotter 198.
Embryonen der Infusorien 131.
Entoconcha mirabilis, vermeintl. Theilung des Keimbläschens 180.
Epistylis flavicans, Nucleus 65, 149, Nucleolus 72.
— *plicatilis*, Nucleolus 72.
— *digitalis*, Nucleolus 72.
Euaxes, Kerntheilung bei der Furchung 186.
Euglena viridis, vermeintl. Fortpflanzung 160.
Euplotes Charon, Conjugation 121.
— *Patella*, Embryonen 136.
Euglypha, Conjugation 210.

F.

Filaria papillosa, Mehrkernigkeit der ersten Furchungskugel 17.
Fische, Zugrundegehen des Keimbläschens 177.
Forelle, Richtungsbläschen 174—75. Kerne der Furchungskugeln 198.
Furchungskern, erster, Abstammung 217, Bildung 179.
Furchungsphänomen, Erklärungsversuch 202.

G.

Geryoniden, Kerntheilung bei der Furchung 185.
— Entstehung der Tochterkerne bei der Furchung 200.
Geschlechtliche Fortpflanzung, mögliche Entstehung derselben 219.
Glaucoma scintillans, Conjugation 102.
Gordius, Richtungsbläschen 16.
Gregarinen, Conjugation 209, 213.
— Fortpflanzung 213, Anmerkung.

H.

Helix, Richtungsbläschen 32.
Heteropoden, vermeintliche Theilung des Keimbläschens 181.
Hippopodius luteus, Befruchtung 172 Anmerk., 221.
Hülle der Kernspindel 188.
Hydra, Zugrundegehen des Keimbläschens 222.
— vermeintliche Richtungsbläschen 172.

I.

Ichthyonema globiceps, Erste Entwicklungsvorgänge 18.

K.

Karyolitische Figur 186.
Kernbildung im Endosperm von *Phaseolus* 195.
Kernmetamorphose bei der Theilung; frühere Beobachtungen 186.
Kernspindel, Austritt von Flüssigkeit 190.
— Bau 189.
— Volumen gegenüber dem ursprünglichen Kern 190.
— bei *Rana* 199.
— Theilung derselben 192.
— bei den Pflanzen 193.
Kerntheilung, Frühere Auffassung 182.
— Erste Ursachen 206.
— Bedeutung der Uebereinstimmung bei Pflanzen und Thieren 206.

L.

Lacinularia, Schwinden des Keimbläschens 35.
— Zellplatte 36.
Limax, Erste Entwicklungsvorgänge 30.
Limnaeus auricularis, Erste Entwicklungsvorgänge 26.
— Metamorphose des Eikerns 27.
— Ausstossung des Eikerns 28.
— Bildung des ersten Furchungskerns 28.
— Theilung desselben 29.
Limnaeus stagnalis, Erste Entwicklungsvorgänge 32.
Loxodes Rostrum, Nuclei 67.
— — Nucleoli 72.
— — Theilung 76.
Loxophyllum Meleagris, Nucleoli 73.

M.

Mehrkernigkeit der ersten Furchungskugel, Bedeutung derselben 228.
Methode der Untersuchung conjugirter Infusorien 59.

Modiolaria, Richtungsbläschen 20.
Mesostomum Ehrenbergii, Kerntheilung im Sommerei 187.
Musca vomitoria, Theilung der Blastodermzellen 49.
Myxomyceten-Schwärmer, Conjugation 219.

N.

Nassula elegans, Embryonen 136.
— *ornata*, Nucleoli 73, 74.
Nematoden, Verhalten unbefruchteter Eier 229.
Nephelis vulgaris, Erste Entwicklungsvorgänge 3.
— — Befruchtung 4.
— — Metamorphose des Eikerns 4.
— — Ausstossung des Eikerns 4.
— — Bildung des ersten Furchungskernes 5.
— — Theilung desselben 7.
Noctiluca miliaris, Conjugation 163, 218.
Notommata Sieboldii, Theilung der Furchungskugeln 34.
Nucleoli der Infusorien, Bau 71—75.
— Verhalten bei der Theilung 75.
Nuclei der Infusorien, Bau 63.
— Theilung 69.

O.

Opercularia articulata, Nucleolus 72.
— — *nutans*, Nucleolus 71.

P.

Paramaecium Aurelia, Conjugation 87.
— — Embryonen 136.
— *Bursaria*, Nucleus 65.
— — Theilung 70.
— — Nucleoli 74.
— — Conjugation 77.
— — Embryonen 135.
Paramaecium putrinum, Conjugation 87.
Parasitismus von Acineten in Acineten 143.
Pelomyxa palustris, Fortpflanzung 150.
Petromyzon, Richtungshläschen 174.
Phallusia, Bildung des ersten Furchungskernes 179, 182.
Pleuronema Chrysalis, Nucleolus 74.
Pleuroplirys, Conjugation 210.
Pleurotricha lanceolata, Embryonen 136.
Podophrya quadripartita, Bildung des Schwärmsprösslings 70, 132.
Podophrya gemmipara, Verhalten des Kernes bei der Fortpflanzung 205.
Polzellen der Insecten 173, Anmerkung.
Psammechinus esculentus, Dotterstrahlung 184.
Psammechinus esculentus, Keimbläschen 231.
Pteropoden, Strahlung im Dotter nach der Befruchtung 177.
— vermeintliche Theilung des Keimbläschens 181.

R.

Räderthiere. Erste Entwicklungsvorgänge 34.
Reptilien, Untergang des Keimbläscheus 177.
Rhabditis dolichura, Erste Entwicklungsvorgänge 22.
— *pellio* und *teres*, Verhalten des unbefruchteten Eies 229.
Richtungsbläschen im Allgemeinen 170.
— der Mollusken und Würmer 171.
— der Echinodermen 172.
— von *Hydra* 172.
— der Räderthiere und Arthropoden 173.
— der Wirbelthiere 173—174.
— frühere Auffassung 178.
Ringelnatter, Keimbläschen 175.

S.

Samenkapseln, sogenannte, der Infusorien:
— von *Blepharisma lateritia* 103.
— von *Bursaria truncatella* 109.
— von *Chilodon Cucullulus* 105.
— von *Colpidium Colpoda* 100.
— von *Euplotes Charon* 122.
— von *Paramaecium* 80.
— von *Stylonichia* 114, 120.
— der Vorticellen 235.
Säugethiere, Richtungsbläschen 173.
— Neubildung des ersten Furchungskernes 181.
Schyzomyceten im Nucleus von *Paramaecium Aurelia* 147.
— in *Tylenchus pellucidus* 148.
Serpula, erste Entwicklungsvorgänge 179.
Spermakern in der Eizelle 225.
Sphaerophrya 132—36.
Spinnen, Theilung der Blastodermzellen 50.
Spirostomum ambiguum, Nucleoli 72, 73.
Stentor coeruleus, vermeintl. Embryonen 136.
Strongylus auricularis, Richtungsbläschen 16.
Stylonichia Mytilus, Nucleoli 73.
— — Theilung derselben 75.
— — Conjugation 112.
— — Embryonen 134.
— *pustulata*, Conjugation 119.
Succinea Pfeifferi, Erste Entwicklungsvorgänge 16.

T.

Tercdo, Erste Entwicklungsvorgänge 222.
Testazellen der Tunicaten 172.
Theilung der Kerne im Ei von *Nephelis* 7.
— — — im Ei von *Cucullanus* 14.
— — — im Ei von *Limnaeus* und *Succinea* 29.
— — — im Ei der Räderthiere 35.
— — — im *Pseudovum* der Aphiden 37.
— — — in den Urkeimzellen der Spermatozoën von *Blatta germanica* 40.
— — — in den embryonalen Blutkörperchen des Hühnchens 43.
— — — in den weissen Blutkörperchen 47.
— — — in den Blastodermzellen der Insecten 49.
Theilung der Nucleoli der Paramaecien während der Conjugation 80.
Tochterkerne, Differenzirung derselben 195.
Toxopneustes lividus, Erste Entwicklungsvorgänge 220.
Trachelius Ovum, Nucleoli 73, 74.
Trachelophyllum appiculatum, Nucleoli 72, 74.
Trichina, vermeintliche Theilung des Keimbläschens 17.
Trichodina grandinella 159.
Tubifex, Metamorphose des Keimbläschens 168.
Turbellarie, vermeintl. Theilung des Keimbläschens 181.
Tylenchus imperfectus, Ausstossung des Richtungsbläschens 20.

U.

Urostyla grandis, Embryonen 136.
— *Weissei*, Nucleoli 73.

V.

Verhältniss zwischen Nuclei und Nucleoli der Infusorien 72.
Verjüngung in Folge der Conjugation 208.
Verschwinden des Keimbläschens im Räderthierei 35.
— — — im Pseudovum der Aphiden 37.
— — — im Allgemeinen 168, 177.
Vorticellen, Embryonen derselben 139.
— Nucleoli 71.
Vorticella nebulifera, Theilung des Nucleus 70.
— — Nucleolus 72.
— — vermeintliche Fortpflanzung 159.
— Conjugation 234.
— *Campanula*, Conjugation 126.

Z.

Zellplatte bei *Nephelis* 7.
— bei *Limnaeus* und *Succinea* 30.
— bei Räderthieren 36.
— bei embryonalen Blutkörperchen 43.
Zelltheilung 37.
— Beziehungen des Kerns zu derselben 101.

Berichtigungen.

p. 30, 11. Zeile von unten, lies 111 statt 110.
p. 38, 10. Zeile von oben, lies 404 statt 402.
p. 82, 5. Zeile von oben, lies Fig. 12 statt Fig. 10.
p. 109, lies *Bursaria truncatella* O. F. Müller statt *B. truncatella* Ehrbg.
p. 185, 10. Zeile von oben, lies 35 statt 37.
p. 215, 1. Zeile von oben, lies *Pandorina* statt *Pandora*.
Statt Syzigie, wie mehrfach geschrieben ist, lies Syzygie.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Vorwort 1

I. Kapitel. Beobachtungen über die ersten Entwicklungsvorgänge an befruchteten Eiern von Würmern und Schnecken 3

A. Die Vorgänge bei *Nephelis vulgaris* 3

B. Die Vorgänge bei *Cucullanus elegans* 10

C. Vorgänge bei *Tylenchus imperfectus, Anguillula rigida* und mehreren Arten der Gattung *Diplogaster* 19

D. Die Vorgänge bei Gastropoden 26

E. Vorgänge bei einigen Räderthieren 34

F. Vorgänge im *Pseudovum* der Aphiden 36

II. Kapitel. Untersuchungen über die Zelltheilung 37

A. Theilung der grossen Keimzellen der Spermatozoën von *Blatta germanica* 38

B. Die Theilung der embryonalen Blutkörperchen des Hühnchens 43

C. Bemerkungen über die Kerne und die Theilung der weissen Blutkörperchen von *Rana esculenta* und *Triton taeniatus*, sowie über die rothen Blutkörperchen derselben Thiere 45

1. Weisse Blutkörperchen 45

2. Rothe Blutkörperchen 48

D. Bemerkungen über die Theilung der Blastodermzellen der Insecten 49

III. Kapitel. Ueber die Conjugation der Infusorien 50

1. Abschnitt. Kurze historische Uebersicht der Entwicklung unserer Kenntnisse von der Conjugation der Infusorien 50

2. Abschnitt. Einige Bemerkungen über das Auftreten der Conjugation bei den ciliaten Infusorien 54

3. Abschnitt. Methode der Untersuchung 59

4. Abschnitt. Bemerkungen über das Vorkommen und den Bau der Nucleoli und des Nucleus, sowie über deren Verhalten während der Theilung 63

5. Abschnitt. Specielle Beschreibung des Verhaltens der Nuclei und Nucleoli der beobachteten Infusorien während und nach der Conjugation 77

A. Untersuchungen an *Paramaecium Bursaria* 77

B. Untersuchungen an *Paramaecium Aurelia* und *putrinum* 87

C. Untersuchungen an *Cyrtostomum leucas* 99

D. Untersuchungen an *Colpidium Colpoda* und *Glaucoma scintillans* 100

E. Untersuchungen an *Blepharisma lateritia* 102

F. Untersuchungen an *Chilodon Cucullulus* 105

G. Untersuchungen an *Condylostoma Vorticella* 107

H. Untersuchungen an *Bursaria truncatella* 109

I. Untersuchungen an *Stylonichia Mytilus* und *pustulata* 112

K. Untersuchungen an *Euplotes Charon* 121

L. Untersuchungen an *Vorticella Campanula* 126

Seite

6. Abschnitt. Ueber die Bedeutung der sogenannten Infusorienembryonen 131
7. Abschnitt. Ueber die Bedeutung der sogenannten Nucleoli und Widerlegung der Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien 144
8. Abschnitt. Ueber die morphologische Auffassung der Infusorien 151
9. Abschnitt. Einige Bemerkungen über die Möglichkeit eines häufigeren Vorkommens von Kernverschmelzungen 162

IV. Kapitel. Allgemeine Betrachtungen und Rückblicke 168
1. Abschnitt. Entwicklungsvorgänge in der befruchteten Eizelle bis zur Ausbildung der Furchungskugel erster Generation 168
2. Abschnitt. Die Kern- und Zellentheilung 182
3. Abschnitt. Ueber das Wesen und die Bedeutung der Conjugation der Infusorien, nebst Bemerkungen über Conjugation und Befruchtung im Allgemeinen 207

Anhang 220
Literaturverzeichniss 241
Alphabetisches Sachregister 247
Berichtigungen 250

Tafel I.

Die ersten Entwicklungsvorgänge im Ei von *Nephelis vulgaris*, Moqu. Tand.

Sämmtliche Figuren nach Essigsäurepräparaten.

Fig. 1. Dotter mit aufsitzendem Spermatozoon und zur Kernspindel umgewandeltem Eikern.

Fig. 2. Austritt des Eikerns, ein excentrisch, ziemlich nahe der Dotteroberfläche gelegener Centralhof mit Strahlung ist entstanden.

Fig. 3. Die Ausstossung des Eikerns ist vollendet, der neuentstandene Centralhof, sammt der Strahlung, ist in das Centrum des Dotters gerückt und zwei junge Kernchen haben sich gebildet.

Fig. 4. Die drei Richtungsbläschen, stärker vergrössert, kurz nach ihrem Austritt.

Fig. 5. Drei junge Kernchen im Centralhof der Strahlung; die beiden zuerst ausgetretenen Richtungsbläschen haben sich wieder vereinigt.

Fig. 6. Dotter mit zwei neuen, sehr ansehnlich herangewachsenen Kernen.

Fig. 7. Aehnliches Stadium, die beiden Kerne jedoch noch nicht so sehr gewachsen, daher noch Reste des Centralhofes und der Strahlung sichtbar.

Fig. 8. Erster Furchungskern, noch das Hervorgehen aus der Verschmelzung zweier Kerne zeigend.

Fig. 9. Richtungsbläschen um diese Zeit.

Fig. 10. Der erste Furchungskern in der Metamorphose zur Kernspindel.

Fig. 11. Ausgebildete Kernspindel, schon mit getheilter Kernplatte, deren Hälften in die Spindelenden gerückt sind.

Fig. 12. Weitere Umformung des Kernes im Verlaufe der Theilung. Die sogenannte Kernplatte ist gebildet.

Fig. 13. Entstehung zweier neuer Kernchen aus den Kernplatten.

Fig. 14. Ein Kern desselben Stadiums mehr vergrössert, die beiden Kernchen des einen Endes sind schon zum Theil verschmolzen.

Fig. 15. Die erste Furchung ist nahezu vollendet, die beiden neuen Kerne sind bedeutend gewachsen.

Fig. 16. Die um diese Zeit wieder vereinigten Richtungsbläschen.

Fig. 17. Die zusammengefallenen beiden ersten Furchungskugeln mit vollständig ausgebildeten Kernen.

O. Bütsch gez

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

Tafel II.

Figg. 1*a* und **2*a*** von *Nephelis vulgaris*.

Fig. 1*a*. Der Kern der grösseren Furchungskugel in der Umwandlung zur Kernspindel begriffen.

Fig. 2*a*. Die grössere Furchungskugel direct nach ihrem Zerfall zu zweien; der Kern der kleineren Furchungskugel zur Spindel umgewandelt.

Figg. 1—4. Erste Entwicklungsvorgänge von *Tylenchus imperfectus* Btschli.

Fig. 1. Der Keimbläschenfleck drängt nach der Peripherie des Dotters, die sich ihm entgegen grubenartig eingesenkt hat.

Fig. 2. Der Keimbläschenfleck hat die Dotteroberfläche erreicht und das Richtungskörperchen austreten lassen.

Fig. 3. Der Keimbläschenfleck sinkt wieder in den Dotter zurück.

Fig. 4. Der Dotter nach dem Zerfall in zwei Furchungskugeln, die Lage des Richtungskörperchens beweist, dass auch hier dessen Austrittsstelle in die erste Theilungsebne fällt.

Figg. 5—8. Erste Entwicklungsvorgänge von *Anguillula rigida* Schndr.

Fig. 5. Ei nach dem Austreten des Keimbläschens.

Fig. 6. Im hellen Protoplasma, am oberen und unteren Pol, bildet sich je ein Kern.

Fig. 7. Der Kern des unteren Pols hat sich gebildet und ist schon weit nach dem oberen Pol hingerückt.

Fig. 8. Der Kern des oberen Pols hat sich fast völlig ausgebildet, der des unteren ist dicht an ihn herangerückt.

Figg. 10—15. Erste Entwicklungsvorgänge von *Diplogaster similis* Btschli.

Fig. 10. Die beiden neuen Kerne der ersten Furchungkugel gebildet, der Dotter in sehr lebhafter amöboider Bewegung.

Fig. 11. Die beiden Kerne dicht zusammengetreten.

Fig. 12. Die Kerne verschmolzen und längsgestreckt (schon im Uebergang zur Kernspindel begriffen); die Bewegung des Dotters erlischt allmälig.

Fig. 13. Die Theilung im Gange, die Bewegung des Dotters ist nahezu erloschen.

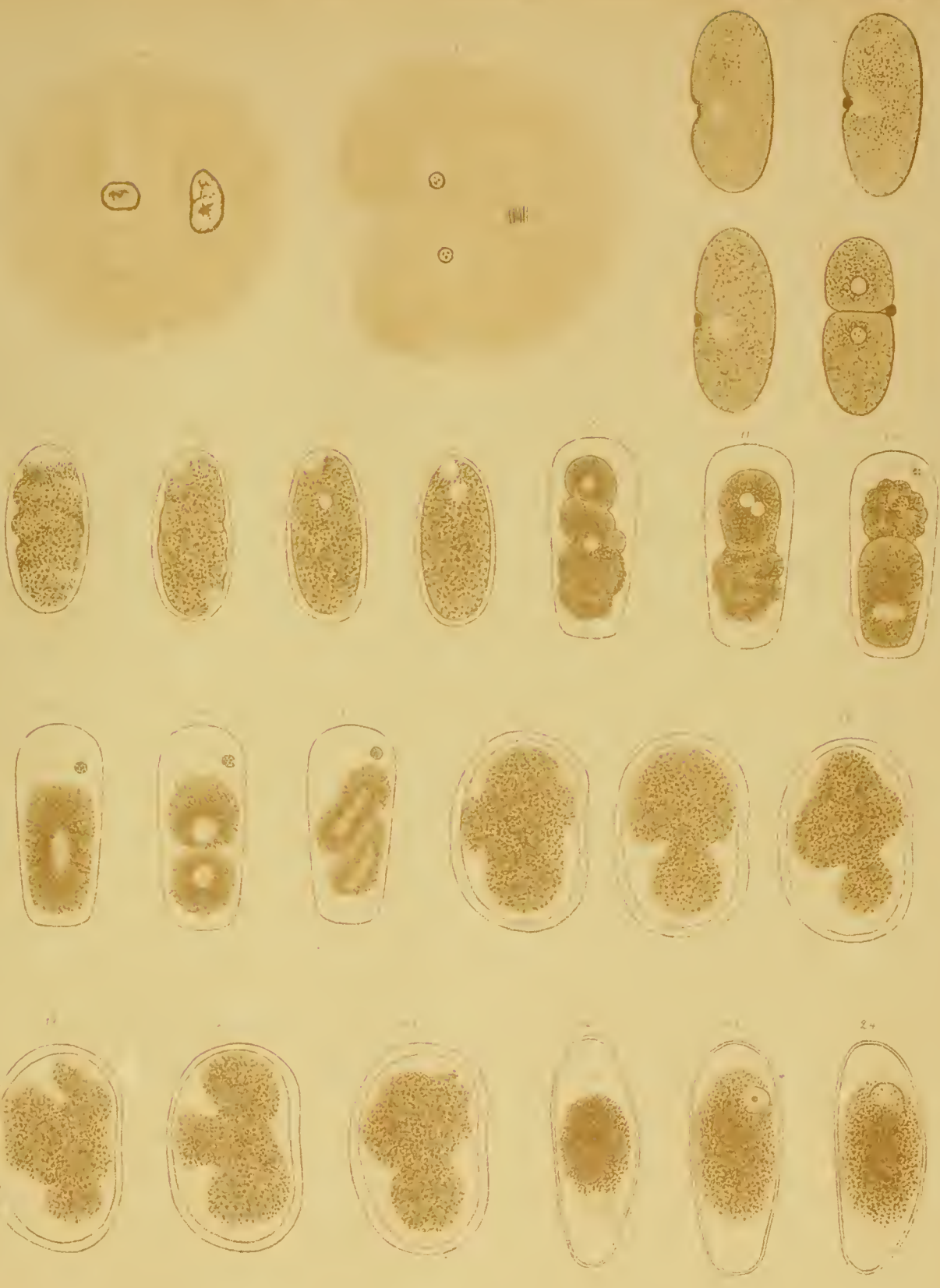
Fig. 14. Die beiden Furchungskugeln kurz nach der Theilung.

Fig. 15. Durch energische, amöboide Bewegungen haben sich die beiden Furchungskugeln verschoben und theilen sich von neuem.

Figg. 16—21. Verschiedene Formen, welche der in lebhafter amöboider Bewegung begriffene Dotter von *Trilobus pellucidus* Bastian im Verlaufe von 5 Minuten annahm.

Fig. 22. Ei von *Oxyuris Dicsingii* nach dem Verschwinden des Keimbläschens im Maximum der Condensation des Dotters, derselbe schickt nach unten ein hyalines Pseudopodium aus.

Figg. 23 u. 24. Zwei Eier desselben Nematoden im Beginne der Dottercondensation; man bemerkt das in dem einen Dotterpol dicht unter die Oberfläche getretene Keimbläschen.



Tafel III.

Erste Entwicklungsvorgänge von *Cucullanus elegans* Zed.

Alle Figuren nach Essigsäurepräparaten gezeichnet.

Fig. 1. Ein Ei aus der Samentasche mit einem der Dotteroberfläche eingesenkten Spermatozoon.

Fig. 2. Ein Ei nach Bildung der Dotterhaut.

Fig. 3. Aehnliches Stadium; der Keimfleck ist nicht mehr sichtbar, dagegen sind einige eigenthümliche Gebilde an Stelle desselben wahrzunehmen.

Fig. 4. Ei mit sehr excentrisch liegendem Keimbläschen.

Fig. 5. Ei mit spindelförmig metamorphosirtem Keimbläschen; dasselbe ist jedenfalls im optischen Querschnitt gesehen.

Fig. 6. Ei mit spindelförmig metamorphosirtem Keimbläschen. Um dasselbe hat sich die Dottermasse sehr contrahirt. Es scheint, als wenn die Kernspindel schon in die Dotteroberfläche hineinrage.

Fig. 7. Dasselbe Ei um einen rechten Winkel gedreht, so dass die Kernspindel jetzt im optischen Querschnitt zu sehen ist. Spermatozoon noch sichtbar.

Fig. 8. Eine Kernspindel etwas stärker vergrössert.

Fig. 9. Ei mit Keimbläschenspindel. Der Dotter hat sich sehr stark von der Kernspindel zurückgezogen. In den beiden Enden des hierdurch erzeugten Raumes je ein Dotterballen, wie es scheint.

Fig. 10. Ei mit Kernspindel, letztere im optischen Durchschnitt. Der Dotter von der Spindel sehr zurückgezogen, doch noch mit einer Menge feiner Strahlen mit derselben in Zusammenhang.

Fig. 11. Ei mit an die Oberfläche des Dotters getretener Keimbläschenspindel, letztere ist im optischen Durchschnitt gesehen.

Fig. 12. Ein Ei desselben Stadiums. Am einen Ende der auf der Dotteroberfläche liegenden Keimbläschenspindel ist ein bläschenartiges Gebilde sichtbar. Am entgegengesetzten Ende des Dotters bemerkt man noch das Spermatozoon.

Fig. 13. Ei mit noch nicht völlig formirten Richtungsbläschen.

Fig. 14. Ei mit in Bildung begriffenen Richtungsbläschen.

Fig. 15. Die beiden Richtungsbläschen sind gebildet. Zwei oder drei neue Kerne sind dicht unter der Dotteroberfläche entstanden.

Fig. 16. Ei mit drei neugebildeten, grossen Kernen; dabei die beiden Richtungsbläschen.

Fig. 17. Dotter mit vier neugebildeten Kernen; ein Richtungsbläschen sichtbar.

Fig. 18. Aehnliches Stadium mit fünf Kernen; ein Richtungsbläschen wahrnehmbar.

Fig. 19. Ei mit zwei Kernen, von welchen der eine seine Entstehung aus mehreren noch durch seine Gestalt deutlich verräth. Die beiden Richtungsbläschen sichtbar.

Fig. 20. Ei mit den beiden Richtungsbläschen; vom Kern sehr wenig sichtbar (vergl. d. Text p. 14).

Fig. 21. In Theilung begriffener Dotter; die Kernplatte der Kernspindel getheilt und die Hälften schon weit von einander gerückt.

Fig. 22. Dasselbe Ei um einen rechten Winkel gedreht, so dass man die Kernspindel im optischen Durchschnitt sieht; um dieselbe deutliche Strahlung des Protoplasmas.

Fig. 23. Weiter in der Theilung fortgeschrittenes Ei. Die beiden Richtungsbläschen sichtbar.

Fig. 24. Die ersten Spuren der Tochterkerne sind in den beiden Furchungskugeln sichtbar; der kleineren derselben haften die beiden Richtungskörperchen an.

Fig. 25. Weiter vorgerücktes Stadium; in der kleinen Furchungskugel vier kleine Tochterkerne, in der grösseren vier grössere.

Fig. 26. Aehnliches Stadium.

Fig. 27. Die beiden ersten Furchungskugeln mit den durch Verschmelzung entstandenen, einfachen Kernen; beide zeigen noch die Spuren dieser Entstehungsweise.

Fig. 28. Der Kern der grösseren Furchungskugel in Vorbereitung zur Theilung zu einer Kernspindel metamorphosirt, deren Kernplatte gerade getheilt ist.

Fig. 29. Die grössere Furchungskugel schon getheilt und in ihren Sprösslingen die jungen Tochterkerne entstanden. Die kleinere Furchungskugel noch in der Theilung begriffen.

Tafel IV.

Sämmtliche Abbildungen, mit Ausnahme der Figg. 21 und 22, sind nach Präparaten entworfen, die durch längeres Verweilen (mehrere Stunden) der Eier in 2% Essigsäure erhalten worden waren.

Figg. 1—16 von *Limnaeus auricularis* Drpn.

Fig. 1. Ein Dotter direct nach der Eiablage. Der Eikern zur Spindel metamorphosirt, um seine Enden die Strahlensysteme.

Fig. 2. Dotter fünfviertel Stunden nach der Eiablage. Die Kernspindel ist mit ihrem einen Ende bis in die Dotteroberfläche hinein gerückt.

Fig. 3. An der Stelle, wo die Kernspindel die Oberfläche des Dotters berührt hatte, ist ein Richtungsbläschen hervorgetreten, von welchem aus man sehr deutliche Fasern zu einem zweiten, noch im Dotter eingeschlossenen Bläschen verfolgt. Etwa drei Stunden nach der Eiablage.

Fig. 4 Aehnliches Stadium. Im Centrum des Dotters ist noch eine Strahlung wahrzunehmen, über deren Bedeutung ich keinen rechten Aufschluss erhielt.

Fig. 5. Theil eines Dotters des Stadiums Fig. 3 stärker vergrössert, um die Richtungsbläschen und ihr Verhältniss zum Dotter besser zu zeigen.

Fig. 6. Die Richtungsbläschen sind ausgetrieben und unterhalb derselben sind eine grössere Anzahl kleiner Kernchen neu entstanden.

Fig. 7. Aehnliches Stadium; die Kernchen zum Theil mehr herangewachsen.

Fig. 8. Die neuentstandenen Kernchen haben sich zu drei ansehnlichen Kernen vereinigt. Das eine Richtungsbläschen ist bei der Präparation abgerissen worden.

Fig. 9. Aehnliches Stadium. Die neuen Kernchen sind zu zweien zusammengetreten.

Fig. 10. Durch Verschmelzung der Kerne hat sich ein grosser, einfacher gebildet, der soeben die Metamorphose zur Theilung eingeht. Es sind nämlich an zwei entgegengesetzten Stellen desselben vorerst noch kleine Strahlungssysteme im Dotter entstanden.

Fig. 11. Weiter fortgeschrittene Umwandlung des Kernes zur Theilung; derselbe ist schon längsfaserig differenzirt, jedoch sind die eigenthümlichen, früheren Binnenkörperchen zum Theile noch erhalten.

Fig. 12. Aehnliches Stadium; die in Fig. 11 noch sichtbaren Binnenkörperchen sind jetzt vollständig verschwunden, der Kern ist rein längsfaserig.

Fig. 13. Die Theilung des Dotters hat begonnen. Kernspindel sehr deutlich; in ihrem Aequator eine Zone verdickter Faserstellen. Nach Vergleichung ähnlicher Stadien anderer Objecte dürfte zu schliessen sein, dass diese Zone verdickter Stellen nicht eine Kern- sondern eine Zellplatte repräsentirt.

Fig. 14. Weiter fortgeschrittener Theilungszustand. Nach Behandlung mit concentrirter Essigsäure tritt die helle Figur hervor, deren Beziehungen zu dem in Theilung begriffenen Kern durch die Figg. 19—20 illustrirt wird.

Fig. 15. Einige Zeit nach vollzogener Zweitheilung.

Figg. 16—23 von *Succinea Pfeifferi* Rssmsl.

Fig. 16. Nach der Zweitheilung des Dotters; etwas späteres Stadium als Fig. 15; die beiden Dotterkugeln sind zusammengefallen.

Fig. 17. Stadium entsprechend der Fig. 5.

Fig. 18. Nach Ausstossung der Richtungsbläschen. Zwei neue, sehr ansehnliche Kerne sind entstanden.

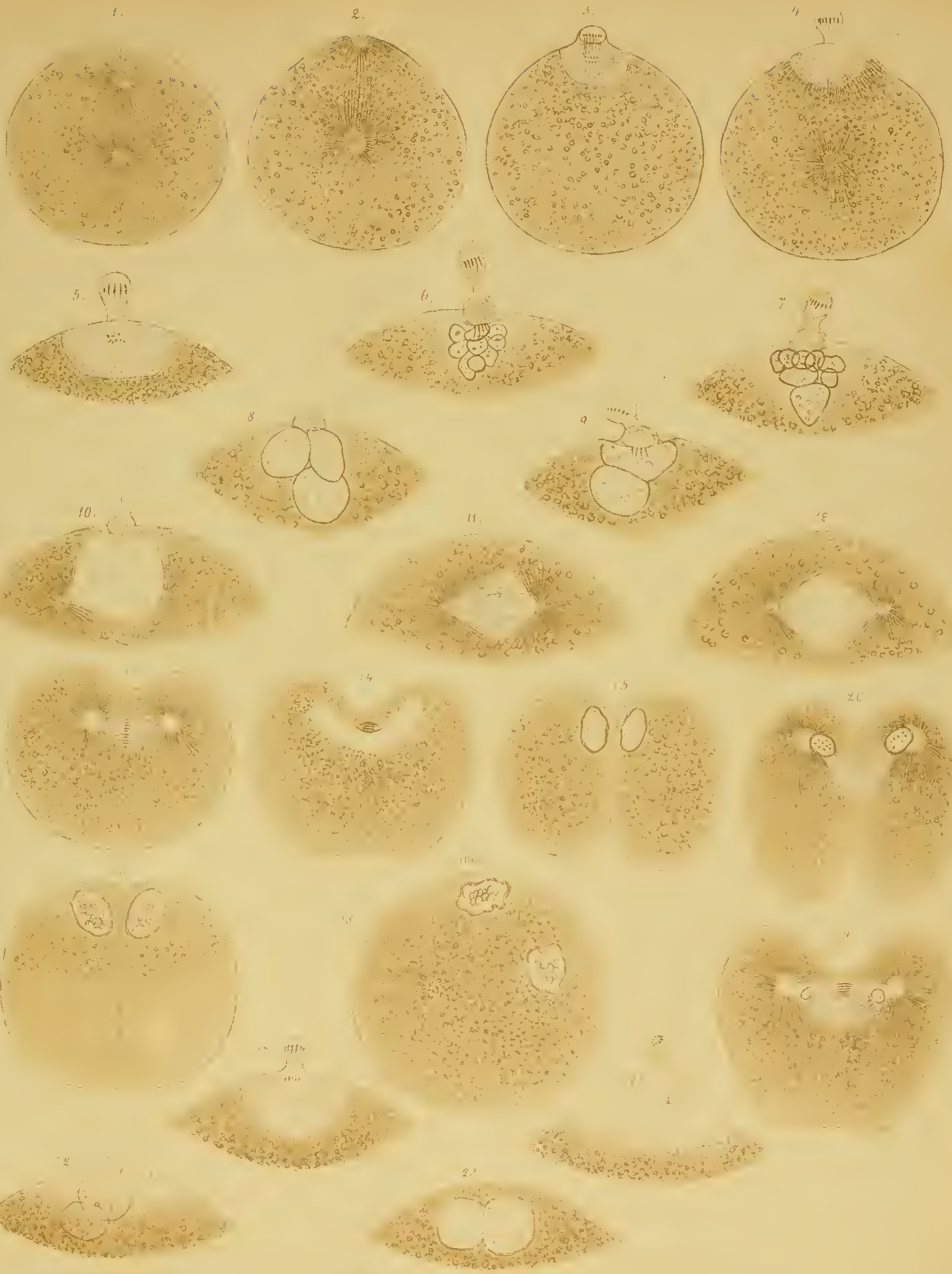
Fig. 19. Theilungszustand. Aus den Enden der Kernspindel hat sich, in bis jetzt noch nicht näher zu erforschender Weise, je ein kleiner Kern hervorgebildet. Im Aequator der Kernspindel ist eine Zellplatte sichtbar, die jedoch nur einen Theil derselben durchzieht. Vergl. Fig. 14.

Fig. 20. Weiter fortgeschrittener Theilungszustand, die Durchfurchung ist jedenfalls schon nahezu völlig vollzogen. Tochterkerne mehr herangewachsen, durch einen sehr deutlichen Kernfaserstrang noch verbunden.

Fig. 21. Theil eines lebenden Dotters. In dem hellen Protoplasma, unterhalb der Richtungsbläschen, ist ein kleiner Kern aufgetaucht, der in lebhaftem Wachsthum begriffen ist.

Fig. 22. Dasselbe Object einige Zeit später. Der Kern ist sehr herangewachsen und hinter ihm noch ein zweiter hervorgetaucht.

Fig. 23. Dasselbe Object einige Zeit später nach Behandlung mit Essigsäure. Die beiden Kerne dicht zusammengepresst, jedenfalls kurz vor ihrem Verschmelzen.



O. Butschli

Tafel V.

Theilung der Urkeimzellen der Spermatozoën von *Blatta germanica*.

Fig. 1. Protoplasmamasse eines Hodenfollikels mit zahlreichen Kernen; an beiden Enden einige Kerne, die mit einer Partie des Protoplasmas als Keimzellen sich abzulösen im Begriffe stehen (lebender Zustand).

Fig. 2. Aehnliche Protoplasmapartie mit fadenartigem Fortsatz, der ihre Ablösung von einer grösseren Masse verräth (Essigsäurepräparat).

Figg. 3 u. 4. Zwei grosse oder Urkeimzellen in indifferenter Zusatzflüssigkeit.

Fig 5. Eine solche nach Behandlung mit Essigsäure.

Figg. 6 u. 7. Zwei Kerne solcher Zellen nach Behandlung mit Essigsäure.

Fig. 8. Eine Urkeimzelle; der Kern in Vorbereitung zur Theilung (Essigsäurepräparat).

Fig. 9. Der Kern einer ähnlichen Zelle (Essigsäurepräparat).

Figg. 10 u. 11. Zwei Zellen mit zur Spindel sich umformendem Kern (in indifferenter Flüssigkeit).

Fig 12. Zelle mit ausgebildeter Kernspindel (Essigsäurepräparat).

Fig. 13. Theilung der Kernplatte (Essigsäurepräparat).

Fig. 14. Die Kernplattenhälften sind in die Enden der Kernspindel gerückt, die Theilung des Zellenleibes hat begonnen (Essigsäurepräparat).

Fig. 15. Weiterer Fortschritt der Theilung (Essigsäurepräparat).

Fig. 16. Erste Differenzirung der Tochterkerne aus den Kernplattenhälften (Essigsäurepräparat).

Fig. 17. Weiterer Fortschritt (Essigsäurepräparat).

Fig. 18. Ebenso (Essigsäurepräparat).

Fig. 19. Etwas abweichender Vorgang der Theilung.

Fig. 20. Zwei Tochterzellen mit schon ziemlich ausgebildeten Kernen, welche nur durch wenige Fasern noch zusammenhängen (in indifferenter Flüssigkeit).

Fig. 21. Theilungszustand; es scheint hier fast, als wenn die Tochterkerne sich, ähnlich wie dies in den Furchungskugeln von *Nephelis* und *Cucullanus* beobachtet wurde, ursprünglich in mehrfacher Anzahl differenzirten (Essigsäurepräparat).

Fig. 22. Zwei Tochterzellen, deren vollständig ausgebildetem Kerne in etwas abweichender Weise noch durch einige Fasern zusammenhängen (Essigsäurepräparat).

Figg. 24 u. 25. Zellen mit zwei Kernen in verschiedener Weise der Theilung (in indifferenter Flüssigkeit).

Tafel VI.

Sämmtliche Abbildungen, mit Ausnahme von Fig. 3, nach Essigsäurepräparaten (1%) entworfen.

Fig. 1. Kern eines rothen Blutkörperchens von *Rana esculenta.*
Fig. 2. Rothes Blutkörperchen von *Rana esculenta* mit einem eigenthümlichen Körper neben dem Kern.
Fig. 3. Rothes Blutkörperchen desselben Thieres mit einem ähnlichen Körper (2% Ess. + 2% $NaCl_2$).
Fig. 4. Weisses Blutkörperchen von *Rana esculenta.*
Fig. 5. Weisses Blutkörperchen von *Triton taeniatus.*
Fig. 6. Ein Körperchen eines solchen mit vier kleinen Kernen.
Fig. 7. Weisses Körperchen von *Triton taeniatus.*
Figg. 8—12. Verschiedene einfache Kerne weisser Körperchen von *Rana esculenta.*
Fig. 13. Weisses Körperchen mit einem Kern von *Triton.*
Fig. 14. Zwei Kerne einkerniger Körperchen von *Triton.*
Fig. 15. Aehnlicher Kern von *Rana esculenta.*
Fig. 16. Weisses Körperchen von *Rana esculenta.*
Fig. 17. Kerne eines weissen Körperchens von *Rana esculenta.*
Fig. 18. Theilungszustand eines mehrkernigen Körperchens von *Rana esculenta.*
Fig. 19. Weisses Körperchen von *Triton taeniatus* mit zwei eigenthümlich spindelförmig gestalteten Kernen.
Fig. 20. Körperchen von *Rana esculenta*, wahrscheinlich aus dem Theilungszustand Fig. 18 hervorgegangen.
Figg. 21 u. 22. Zwei weisse, mehrkernige Körperchen von *Triton taeniatus* mit in Theilung begriffenen Kernen.
Figg. 23—29. Theilungszustände embryonaler rother Blutkörperchen des Hühnchens.
Figg. 30 u. 31. Zwei in Theilung begriffene Blastodermzellen von *Musca vomitoria* mit spindelförmig metamorphosirtem Kern.

Tafel VII.

Figg. 1—19. Zur Conjugation von *Paramaecium Bursaria* Ehrbg.

(Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von Fig. 10, sind nach Präparaten, welche der Einwirkung des Wassers durch Zerfliessenlassen ausgesetzt waren, entworfen).

Fig. 1. Nucleolus im Beginn des Auswachsens in Folge der Conjugation.

Fig. 2. Grosse gekrümmte, aus dem vorhergehenden Stadium entstehende Kapsel.

Fig. 3. Folgendes Stadium.

Fig. 4. Theilungszustand einer solchen Kapsel. Der Verbindungsstrang wird zwischen x u. x durch Essigsäure (1%) bis zum Verschwinden aufgequellt.

Fig. 5. Eine Hälfte einer soeben zerfallenen Kapsel. Die Membran hat sich auch von dem Verbindungsstrang weit abgehoben.

Figg. 6 u. 7. Kapseln kurz nach der Theilung, noch mit schwanzartigem Anhang.

Fig. 8. Eine Kapsel zweiter Generation.

Fig. 9. Ein Thier kurz nach Aufhebung der Conjugation mit unverändertem Nucleus und 4 Nucleoluskapseln.

Fig. 10. Ein Thier etwa eine Stunde nach aufgehobener Conjugation; zwei der Nucleoluskapseln sind zu lichten Kugeln herangewachsen (lebender Zustand).

Fig. 11. Ein Thier am zweiten bis dritten Tag nach aufgehobener Conjugation. Die zwei anderen Nucleoluskapseln haben sich rückgebildet.

Fig. 12. Nucleoluskapsel zweiter Generation von etwas abweichendem Bau aus einer Syzygie (vergl. pag. 82).

Figg. 13 u. 14. In Rückbildung begriffene Nucleoluskapseln (vergl. Fig. 11).

Fig. 15. Ein Thier am fünften Tag etwa nach aufgehobener Conjugation. Die aus den beiden Nucleoluskapseln hervorgegangenen, lichten Kugeln sind zu ansehnlichen, nucleusartigen Körpern herangewachsen.

Fig. 16. Ein Thier etwa vom siebenten Tag nach aufgehobener Conjugation. Der eine der aus den Nucleoluskapseln hervorgegangenen, nucleusartigen Körper ist in Umbildung zu einem Nucleolus begriffen.

Fig 17. Ein Thier am elften Tag nach aufgehobener Conjugation; der neue Nucleolus gebildet.

Fig. 18. Ein in Rückbildung zu einem Nucleolus begriffener Körper (vergl. Fig. 15).

Fig. 19. Thier am elften Tage nach aufgehobener Conjugation; der neue Nucleus hat sich durch Vereinigung der beiden von Fig. 17 gebildet.

Figg. 20—23. Zur Conjugation von *Chilodon Cucullulus* Ehrbg. (Essigsäurepräparate).

Fig. 20. Ein conjugirtes Paar mit im Auswachsen begriffenen Nucleoli.

Fig. 21. Thier am zweiten Tage nach aufgehobener Conjugation (vergl. pag. 106).

Fig. 22. Eine in Theilung begriffene Nucleoluskapsel eines conjugirten Paares.

Fig. 23 Die Kapsel des anderen Thieres dieses Paares.

Tafel VIII.

Zur Conjugation von *Paramaecium putrinum* Cl. u. Lchm.

Fig. 1. Frühestes, beobachtetes Entwicklungsstadium des Nucleolus nach eingegangener Conjugation.

Fig. 2. Ausgebildete Nucleolus- (Samen-) Kapsel (erste Generation).

Fig. 3. Theilung einer Nucleoluskapsel in fünf aufeinander folgenden Zuständen (*a*—*e*). Nach Beobachtungen am lebenden Thier.

Fig. 4. Eine in Theilung begriffene Nucleoluskapsel (vergl. Fig. 3*d*).

Fig. 5. Ein weiter fortgeschritteues Stadium.

Fig. 6. Eine in Theilung begriffene Kapsel, ungefähr von Stadium der Fig. 4; durch Zusammenschnurren der Hüllmembran bei der Isolation sehr verkürzt.

Fig. 7. In Theilung begriffene Kapsel erster Generation, die Hüllmembran bei der Isolation sehr geschnurrt und aufgebläht. Eigenthümliche dunkle Endspitzen.

Fig. 8. Die entsprechende Kapsel des anderen Thieres; ihre natürliche Gestalt ziemlich gut erhalten.

Fig. 9. Ausgewachsener Kern eines Thieres einer Syzygie, jedes der conjugirten Thiere mit zwei Nucleoluskapseln zweiter Generation.

Fig. 10. Ausgewachsener und verzweigter Kern eines Thieres einer Syzygie. Jedes der Thiere enthält eine in Theilung begriffene Nucleoluskapsel erster Generation.

Fig. 11. Eine Syzygie gegen Ende der Conjugation. Jedes Thier enthält acht Nucleoluskapseln vierter Generation und einen in völligem Zerfall begriffenen Nucleus.

Figg. 12 *a* u. *b*. Die beiden Theilsprösslinge eines Thieres, das sich den folgenden Tag nach aufgehobener Conjugation getheilt hatte. Jeder der Sprösslinge enthält zwei weiter entwickelte Nucleoluskapseln; die vier anderen Nucleoluskapseln sind geschrumpft und sehr reducirt; der eine Sprössling (*a*) enthält nur eine, der andere (*b*) drei derselben.

Figg. 13—20. Umwandlungszustände der in Weiterentwicklung begriffenen Nucleoluskapseln, wie sie in zeitlicher Aufeinanderfolge in aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren beobachtet wurden. (Fig. 13—15 vom ersten Tag nach aufgehobener Conjugation; 16 vom zweiten Tag, 17—19 vom dritten Tag und 20 vom fünften Tag nach aufgehobener Conjugation).

Fig. 21. Sprössling eines aus der Conjugation hervorgegangenen Thieres am vierten Tag nach aufgehobener Conjugation. Die weitergebildete Nucleoluskapsel, der Stamm eines neuen Nucleus, ist neben zahlreichen Bruchstücken des ehemaligen Nucleus zu sehen.

Figg. 22 u. **23.** Zwei dieser Nucleusbruchstücke stärker vergrössert.

Fig. 24. In Neubildung begriffener Nucleus eines Thieres am sechsten Tage nach aufgehobener Conjugation (stärker vergrössert).

Fig. 25. Sprössling eines aus der Conjugation hervorgegangenen Thieres am sechsten Tage nach aufgehobener Conjugation. Der neue Nucleus schon sehr herangewachsen; die Bruchstücke des ehemaligen Nucleus bis auf wenige geschwunden.

Tafel IX.

Fig. 1. Aus der Conjugation hervorgegangenes Exemplar von *Paramaecium putrinum* (vierter Tag nach aufgehobener Conjugation). Enthält eine Anzahl aus den Nucleusbruchstücken hervorgegangener, dunkler Kugeln.

Fig. 2. Conjugirtes Paar von *P. putrinum*, das eine Thier mit reconstituirtem Nucleus, das andere hingegen nur mit einer Anzahl dunkler Kugeln, entsprechend Fig. 1. Beide mit je einer normal entwickelten Nucleoluskapsel.

Fig. 3. Ein Nucleolus von *P. Bursaria* nach Wassereinwirkung.

Fig. 4. Nucleus mit anliegendem Nucleolus von *P. Bursaria*, der erstere zahlreiche dunkle Verdichtungen einschliessend.

Fig. 5. Nucleus von *P. Bursaria* mit einer ansehnlichen, centralen Verdichtung.

Fig. 6. Ein faserig-differenzirter, in Theilung begriffener Nucleus von *P. Bursaria* mit den schon getheilten Nucleoli.

Fig. 7. Nucleus mit anliegendem Nucleolus von *Colpidium Colpoda.*

Fig. 8. Zwei isolirte, stärker vergrösserte Nucleoli desselben Thieres.

Fig. 9. Conjugirtes Paar von *Colpidium Colpoda* im lebenden Zustand; jedes der Thiere enthält eine sehr ansehnliche Nucleoluskapsel, die hellen Kreise hinter den Nuclei sind die contractilen Vacuolen.

Fig. 10. *Colpidium Colpoda* direct nach Lösung der Syzigie (lebender Zustand) Nucleus schon sehr reducirt, zwei lichte Nucleoluskugeln im Auswachsen begriffen.

Fig. 11. Einige Stunden nach aufgehobener Conjugation; der Nucleus, zu einer dunklen Kugel verdichtet, nach dem Hinterrande des Thieres geschoben, die lichten Nucleoluskugeln sehr herangewachsen (Essigsäurepräparat).

Fig 12. *Glaucoma scintillans* direct nach aufgehobener Conjugation; neben dem schon reducirten Nucleus sind zwei im Leben sehr lichte Nucleuskugeln herangewachsen (Nucleus und Nucleoluskugeln sind nach Essigsäureeinwirkung gezeichnet).

Fig. 13. *Glaucoma scintillans*; zweiter Tag nach aufgehobener Conjugation; Nucleus zu einer dunkeln Kugel verdichtet, die beiden lichten Nucleuskörper sehr herangewachsen (Essigsäurepräparat).

Fig. 14. *P. Aurelia* am siebenten Tag nach aufgehobener Conjugation (Essigsäurepräparat).

Fig. 15. Kern mit zwei dicht eingepressten Nucleusbruchstücken, von *P. Aurelia*, siebenter Tag nach aufgehobener Conjugation (Essigsäurepräparat).

Fig. 16. Neugebildeter Kern von *P. Aurelia* (fünfter Tag nach aufgehobener Conjugation). Ein Bruchstück des alten Nucleus dem neuen dicht eingepresst, daneben ein neuer Nucleolus. Noch ein zweites Bruchstück des alten Kernes fand sich in bedeutender Entfernung vom neuen Nucleus (Essigsäurepräparat).

Fig. 17. Nucleolus von *Pleuronema Chrysalis* (Essigsäurepräparat).

Fig. 18. Nucleus mit anliegenden Nucleoli von *Cyrtostomum leucas* (Essigsäurepräparat).

Fig. 19. Ein Theil des Kernes von *Nassula ornata* mit vier anliegenden Nucleoli (Essigsäurepräparate).

Figg. 20—22. Drei verschiedene Nucleoli von *Trachelius Ovum* (Essigsäurepräparat).

Tafel X.

Figg. 1—19. Zur Conjugation von *Euplotes Charon* Ehrbg.

Figg. 1—11. Verschiedene Zustände der Entwickelung der Nucleoli während des Conjugationsactes (über die näheren Beziehungen der verschiedenen Formen zu einander vergl. den Text).

Fig. 12. Ein Paar conjugirter Thiere gegen Ende der Conjugation.

Fig. 13. Weiter fortgeschrittenes Paar; in dem einen Individuum sind die grossen Nucleoluskapseln der Fig. 12 zu vier kleinen, geschrumpften Kapseln zerfallen; im anderen Individuum finden sich nur zwei derartige Kapseln.

Fig. 14. Ein Paar kurz vor der Trennung. Die Nuclei sind in zwei Theile zerfallen. Von den vier kleinen Nucleoluskapseln des einen Thieres ist eine im Heranwachsen zu dem lichten Körper begriffen.

Fig. 15. Ein Thier kurz nach der Lösung der Syzygie. Eine Nucleoluskapsel ist zu einem lichten Körper herangewachsen, zwei andere finden sich daneben noch unverändert.

Fig. 16. Das vordere Nucleusstück ist nochmals zerfallen; die vier Nucleoluskapseln sind in abnormer Weise sämmtlich zu lichten Kugeln ausgewachsen.

Fig. 17. Thier einige Stunden nach aufgehobener Conjugation. Der lichte Körper ist sehr herangewachsen und ihm liegt eine zum Nucleolus rückgebildete Kapsel an. Gewöhnliches Vorkommen.

Fig. 18. Ein Thier etwa 24 Stunden nach aufgehobener Conjugation; der lichte Körper hat das Maximum seines Wachsthums erreicht. Eine verdichtete, zur Ausscheidung bestimmte Nucleuskugel noch vorhanden. c. contractile Vacuole.

Fig. 19. Thier vom dritten Tag nach aufgehobener Conjugation. Der lichte Körper ist zu einem sehr ansehnlichen Nucleusstück umgewandelt, dessen Vereinigung mit dem hintern, erhalten gebliebenen Stück des alten Nucleus bevorsteht.

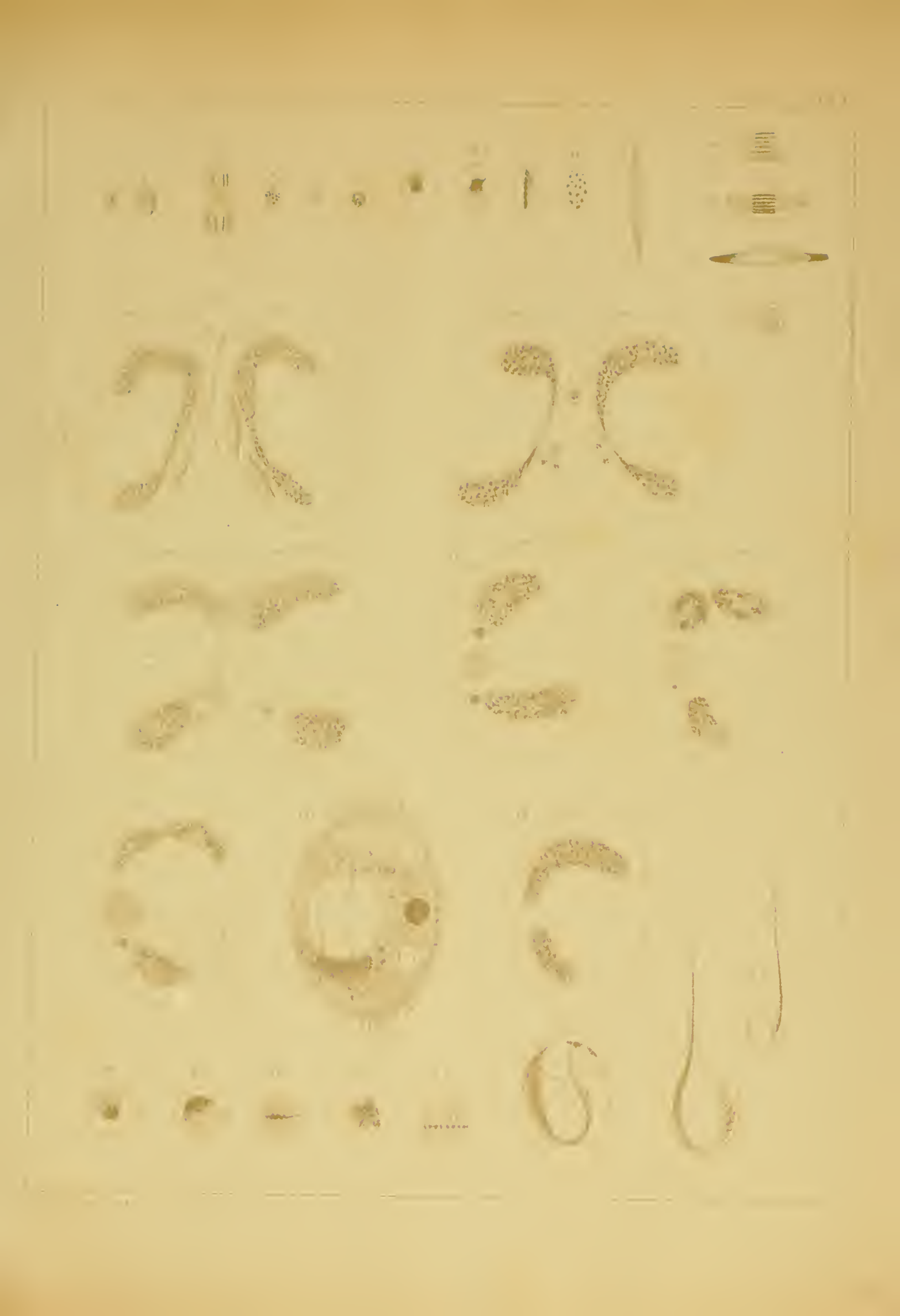
Figg. 20—23. Verschiedene Zustände von Nucleoluskapseln aus conjugirten *Stylonichia pustulata* (Essigsäurepräparate).

Figg. 26—28. Durch Zerquetschen isolirte Nucleoluskapseln aus Conjugationszuständen von *Colpidium Colpoda* (vergl. Taf. IX. Fig. 9). Dieselben sind sehr zusammengeschnurrt durch die Zusammenziehung und Aufblähung der Hüllmembran.

Figg. 29 u. 30. In Theilung begriffener Nucleolus von *Carchesium polypinum* (während der gewöhnlichen Theilung des Infusors). Fig. 29 im lebenden Zustand; Fig. 30 nach Behandlung mit Essigsäure.

Fig. 31. Weiter fortgeschrittener Theilungszustand des Nucleolus von *Carchesium polypinum*.

Fig. 32. Nucleolus von *Vorticella nebulifera* im lebenden Zustand.



Tafel XI.

Fig. 1. Nuclei und Nucleoli von einem in Theilung begriffenen *Stylonichia Mytilus*. (Ein weiter vorgerücktes Stadium der Theilung der Nucleoli siehe auf Taf. XV. Fig. 5) (Essigsäurepräparat).

Fig. 2. Nuclei und Nucleoli von einem in Theilung begriffenen *St. pustulata*. Die Theilung der Nucleoli ist schon vollzogen, jedoch sind ihre Sprösslinge noch streifig differenzirt (Essigsäurepräparat).

Fig. 3. Conjugationszustand von *St. pustulata* gegen Ende der Conjugation. c. contractile Vacuolen. Ein lichter Körper ist in jedem der Thiere hervorgewachsen (Essigsäurepräparat).

Fig. 4. Conjugationszustand von *St. pustulata* kurz vor Lösung der Syzygie. Die beiden Nuclei haben sich zu dunkeln Kugeln verdichtet (Essigsäurepräparat).

Fig. 5. Ein aus der Conjugation hervorgegangenes Thier von *St. pustulata*, etwa 24—48 Stunden nach aufgehobener Conjugation, in lebendem Zustand. Der lichte Körper hat das Maximum seines Wachsthums erreicht, daneben liegen die beiden sehr reducirten Nucleoluskugeln.

Fig. 6. Der lichte Körper eines aus der Conjugation hervorgegangenen *St. pustulata* bereitet sich zur Umwandlung in den neuen Nucleus vor, indem er sich faserig differenzirt.

Fig. 7. Aehnlicher, schon ziemlich geschrumpfter, lichter Körper mit den ihm anliegenden beiden Nucleoli.

Fig. 8. Derselbe hat sich in einen längsgestreckten Nucleus verwandelt, in dessen beiden Enden verdichtete Querscheiben aufgetreten sind, die Vorläufer der spaltförmigen Höhlen; daneben die Nucleoli.

Figg. 9 u. 10. Zwei aus den alten Nuclei hervorgegangene Kugeln; dieselben sind allmälig wieder lichter geworden. Nach Isolirung in Wasser.

Fig. 11. Conjugirtes Paar von *Bursaria truncatella*. Die rundlichen Nucleusbruchstücke schimmern durch (lebender Zustand).

Fig. 12. Conjugationszustand von *Bursaria truncatella* mit zerfallenem Nucleus (Essigsäurepräparat).

Figg. 13—15. Einige Nucleusbruchstücke stärker vergrössert (Essigsäurepräparate).

Fig. 16. Ein aus der Conjugation hervorgegangenes Thier von *Bursaria truncatella* (Essigsäurepräparat).

Fig. 17. *Bursaria truncatella*, gewöhnliches Thier. Meine Beobachtungen über die Organisation der *Bursaria* sind keineswegs in Uebereinstimmung mit denen Stein's (vergl. 68; p. 300), weshalb ich mir diese Abbildung der *Bursaria* zu geben erlaube. Der Hauptunterschied unserer Auffassungen betrifft den von Stein beschriebenen Längskanal mit seiner vorderen Erweiterung. Stein hält diese Einrichtung für das Analogon der contractilen Behälter anderer Infusorien und fasst namentlich die vordere Erweiterung als contractil auf. Ich finde nun, dass dieser vermeintliche Längskanal nichts weiter ist, als der optische Durchschnitt der rechten und hintern Seitenwand der so tiefen und weiten Peristomhöhle, wie die Abbildung zeigt. Hiermit stimmt auch überein, dass man auf den Stein'schen Figuren vergeblich nach einer Begrenzung der Peristomhöhle in den angegebenen Richtungen suchen dürfte. Die contractilen Vacuolen hingegen finde ich, wie es Claparède und Lachmann angegeben haben, durch das gesammte Parenchym der Thiere zerstreut. Bei conjugirten Thieren oder solchen, die aus der Conjugation hervorgegangen waren, konnte ich mich auf das bestimmteste von der Contractilität dieser zahlreichen kleinen Vacuolen überzeugen. Höchst interessant ist auch der Bau der verhältnissmässig so dicken Ectoplasmaschicht unserer Thiere, indem dieselbe durchaus faserig differenzirt erscheint und die Fasern senkrecht zur Oberfläche des Thieres stehen; in der That sind es jedoch, wie die genauere Betrachtung der Oberfläche der Thiere lehrt, nicht Fasern, die das Entoplasma durchsetzen, sondern dasselbe besitzt einen wabenartigen Bau, die verdichteten Wände der Waben repräsentiren sich im optischen Schnitt als Fasern. Eine derartige Structur des Zellenprotoplasma's erkannte ich früher schon an den Epidermiszellen des Pilidium's (vergl. Arch. f. Naturgesch. 1873. I. pag. 276), neuerdings sehr schön an den Epidermiszellen einer, wie mir scheint, bis jetzt noch nicht beschriebenen *Mesostomum*-Art. Dieselbe zeichnet sich durch die ganz auffallende Dicke der Epidermis aus, deren grosse Zellen sich schon im lebenden Zustand deutlich erkennen lassen und die geschilderte Structur vortrefflich zeigen.

Fig. 18. Eine Nucleoluskapsel aus dem Paar Fig. 11. Durchmesser = 0,013 Mm. (Essigsäurepräparat).

Figg. 19 u. 20. Zwei Nucleoli gewöhnlicher Beschaffenheit von *Bursaria truncatella* (nach Wassereinwirkung).

Tafel XII.

Figg. 1—18. Zur Conjugation von *Stylonichia Mytilus* O. F. Müller.

Figg. 1—8. Verschiedene Zustände der Umbildung der Nucleoli in conjugirten Thieren. 1—4 nach Essigsäurebehandlung, 5 und 7 im lebenden Zustand, 6 und 8 dieselben nach Einwirkung von Essigsäure (über den Zusammenhang dieser Formen vergl. im Text).

Fig. 9. Im Zerfall begriffener Nucleus während der Conjugation (Essigsäurepräparat).

Figg. 10—13. Verschiedene Conjugationszustände von *Stylonichia Mytilus* (Essigsäurepräparate). Das Nähere vergleiche im Text.

Fig. 14. Conjugationszustand gegen Ende der Conjugation. Eine der vier reducirten Nucleoluskapseln der Thiere ist im Hervorwachsen zu dem lichten Körper begriffen. Die vor und hinter dieser liegenden beiden Kapseln bilden sich zu Nucleoli zurück (Essigsäurepräparat).

Fig. 15. Paar kurz vor der Lösung der Syzygie. Die vier Nucleusbruchstücke haben sich zu dunkeln Kugeln verdichtet; der lichte Körper ist mehr herangewachsen (Essigsäurepräparat).

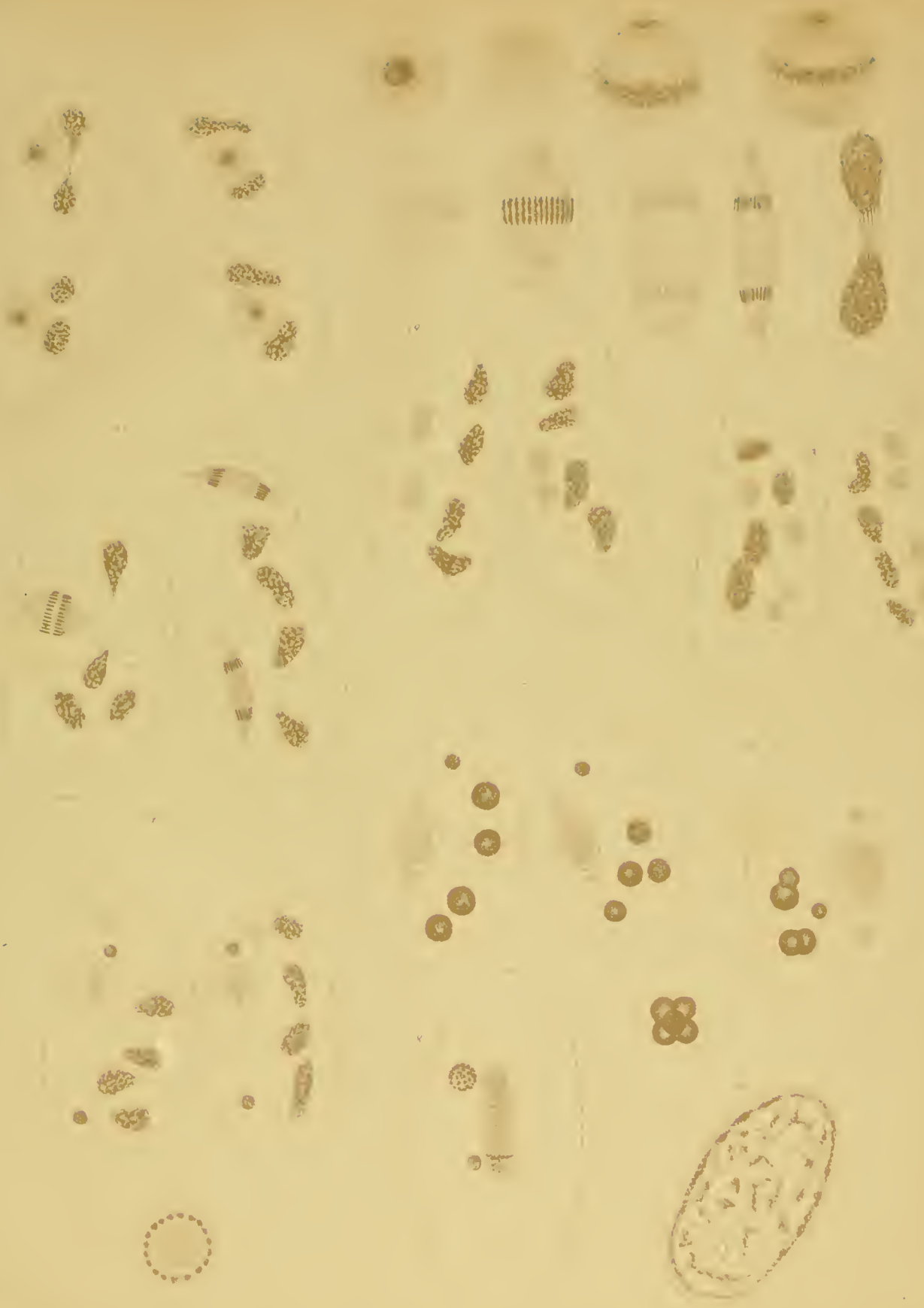
Fig. 16. Ein Thier kurze Zeit nach Lösung der Syzygie; lichter Körper noch mehr ausgewachsen, daneben die Nucleoli und die vier Nucleuskugeln, die paarweise zusammengebacken sind. Daneben noch kleine, dunkle, wahrscheinlich aus der vierten Nucleoluskapsel hervorgegangene Kugel.

Fig. 17. Ausgeworfene, zusammengebackene Nucleuskugeln eines Thieres, damit noch eine fünfte Kugel (Nucleoluskapsel?) vereinigt.

Fig. 18. Ein Thier am sechsten Tage nach aufgehobener Conjugation. Der lichte Körper hat sich zu einem Nucleus umgebildet, der eine Nucleolus eigenthümlich vergrössert, vielleicht in Vorbereitung zur Theilung.

Fig. 19. Ein kleiner Nucleus einer zahlreiche Nuclei enthaltenden *Amoeba princeps* (nach Wassereinwirkung).

Fig. 20. Ein grosser Nucleus eine *Amoeba princeps* (nach Wassereinwirkung).



Tafel XIV.

Figg. 1—3. Drei verschiedene Zustände von aus der Conjugation hervorgegangenen *Vorticella Campanula* Ehrbg. (vergl. hierzu den Text pag. 126 und den Anhang nebst dem Holzschnitt pag. 234); (Essigsäurepräparate).

Figg. 4—7. *Stentor coeruleus*, eigenthümliche ciliate, holotriche Infusorien (als Parasiten) in sich beherbergend. *n* Die Glieder der Nucleuskette, die sich hier aus ihrem Zusammenhang gelöst zu haben scheinen.

Fig. 4. Das Thier zu Beginn der Beobachtung, zwei ansehnliche Parasiten einschliessend.

Fig. 5. Eine halbe Stunde später: der grösste Parasit in Theilung.

Fig. 6. 1 ½ Stuuden nachher; jeder der Sprösslinge des Parasiten hat sich nochmals getheilt.

Fig. 7. Drei Stunden später; die Zahl der Theilsprösslinge des grossen Parasiten ist zu zehn herangewachsen.

Fig. 8. Parasitische Schizomyceten aus *Trilobus pellucidus* Bast. (vergl. pag. 148 des Textes).

Fig. 9. Parasitische Schizomyceten (vermeintliche Spermatozoën Joh. Müller's) aus dem Nucleus von *Paramaecium Aurelia*.

Fig. 10. Nucleus von *Loxodes Rostrum* (Essigsäurepräparat).

Figg. 11—14. Verschiedene Nuclei von *Actinosphaerium Eichhornii* (Essigsäurepräparate).

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

Tafel XV.

(Sämmtliche Abbildungen, mit Ausnahme der Fig. 14, nach Essigsäurepräparaten entworfen. Letztere nach einem durch Zerfliessenlassen dargestellten Wasserpräparat.)

Fig. 1. Vorderes Ende einer Keimröhre von *Aphis rosae*. Das Pseudovum enthält einen in der Theilung schon weit fortgeschrittenen Kern. Von dem nach unten folgenden, schon weiter entwickelten Pseudovum ist noch ein Theil gezeichnet. Man bemerkt das kürzlich erst zur Ausbildung gekommene Blastoderm und den von ihm umhüllten Nahrungsdotter. In Letzterem tritt ein Kern deutlich hervor. Ich fand mehrfach drei in einer Reihe hintereinander liegende Kerne in dem Nahrungsdotter.

Fig. 2. Der in Theilung begriffene erste Kern des Pseudovums, Fig. 1 stärker vergrössert.

Fig. 3. Kern einer Blastodermzelle des Pseudovums von *Aphis rosae*.

Fig. 4. Kerne von *Stylonichia Mytilus* mit anliegenden Nucleoli.

Fig. 5. Nucleus und Nucleoli aus einem in Theilung begriffenen *St. Mytilus*. An dem Leibe des Thieres selbst war nur eine ganz seichte Einschnürung in der Mittelregion zu bemerken.

Fig. 6. Nuclei und Nucleoli von *St. Mytilus*, aus einem in der Theilung weiter fortgeschrittenen Exemplar. Der Leib des Thieres selbst war etwa schon zur Hälfte durchgeschnürt.

Zur Conjugation von *Parmaecium Aurelia* O. F. Müller.

Fig. 7. Nucleolus in normalem Zustand.

Figg. 8—10. Grosse, gekrümmte Nucleuskapseln.

Fig. 11. Eine in der Rückbildung zu einem Nucleolus begriffene Balbiani'sche Eikugel.

Fig. 12. Ein Thier kurz nach Aufhebung der Conjugation.

Fig. 13. Ein Thier einige Zeit nach aufgehobener Conjugation; Nucleus im Zerfall begriffen; die acht Nucleoluskapseln haben sich zu eigenthümlichen, körnigen Kugeln umgewandelt.

Fig. 14. Ein Thier am dritten Tag nach aufgehobener Conjugation; vier Nucleoluskapseln sind zu ansehnlichen, lichten Kugeln herangewachsen; drei andere finden sich daneben noch als kleine, sehr reducirte Bläschen mit dunkelkörnigem Inhalt.

Fig. 15. Ein Thier am dritten Tag nach aufgehobener Conjugation; von den vier aus den Nucleoluskapseln hervorgegangenen, lichten Kugeln ist eine in Umwandlung zu einem Nucleolus begriffen.

Fig. 16. Ein Thier vom dritten Tag nach aufgehobener Conjugation. Zwei der lichten Kugeln (Fig. 14) haben sich zu in Theilung begriffenen Nucleoli rückgebildet, die beiden anderen dagegen sind zu nucleusartigen Körpern herangewachen.

Fig. 17 *a* u. *b*. Die beiden Theilsprösslinge eines aus der Conjugation hervorgegangenen Thieres direct nach der Theilung am dritten Tage. Jedes der Thiere enthält die Anlage eines neuen Nucleus (vergl. Fig. 16) und zwei durch Theilung der in Fig. 16 gebildeten, neuen Nucleoli hervorgegangene Nucleoli.